
Ex-libris
Charles Atwood
Kofoid

LEHRBUCH

DER

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DER GEWÄCHSE.

VON

DR. HERMANN SCHACHT,
PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN.

ZWEITER THEIL.

Die aus Zellen zusammengesetzten Organe der Pflanze und ihre Lebenserscheinungen.

Mit 223 Holzschnitten und 6 Tafeln in Steindruck.

BERLIN.
VERLAG VON G. W. F. MÜLLER.
1859.

Vorwort zum zweiten Theile.

Drei Jahre sind verflossen, seitdem der erste Theil dieses Buches erschienen und während dieser Zeit hat die Forschung in der Pflanzen-Anatomie und Physiologie nicht stille gestanden, vielmehr zu herrlichen Entdeckungen geführt. Insbesondere wurde die wichtige Frage der geschlechtlichen Zeugung, sowohl bei niederen als auch bei höheren Pflanzen wesentlich gefördert, ja für die Algen zum Abschlufs gebracht, desgleichen wurde der lange Streit über die Befruchtung der Phanerogamen entschieden, so dafs jetzt ein harmonisches Band auch für den Zeugungsact das Thierreich mit dem Pflanzenreich verbindet. Ferner erhielt die Anatomie der Elementarorgane durch den sicheren Nachweis eines zusammenhängenden Systems der Milchsaftgefäfse für gewisse Pflanzen, verbunden mit einer Entwickelungsgeschichte dieser Gefäfse aus Zellen, gleichfalls einen engeren Anschlufs an die Anatomie des Thierreiches. Wie die Entdeckung der Siebröhren die Zellenanatomie der Pflanze mit einem neuen Element beschenkte, so wurde die Kenntnifs der Pflanzenstoffe durch die Entdeckung des Klebermehls vermehrt und durch genaue Untersuchungen der Stärkmehlkörner gefördert u. s. w. Im Allgemeinen aber veränderte die Zellenanatomie ihre Grundsätze nicht, so dafs die Nachträge zum ersten Theile denselben auf den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft erheben.

Das verzögerte Erscheinen dieses zweiten Theiles, durch meinen zweijährigen Aufenthalt auf Madeira und Tenerife veranlafst, ist andererseits, wie ich hoffen darf, dem inneren Werthe des Buches nur vortheilhaft gewesen. Ich habe im glücklichen Klima des Südens, dem ich die Wiederherstellung meiner Gesundheit verdanke, vielfach Gelegenheit gefunden, die Pflanzen der warmen Zone unter normalen Verhältnissen zu studiren. Mir hat die untere Region der Inseln ihre Tropenflora und der Gebirgswald, in üppiger Fülle, seine subtropischen Schätze erschlossen, aus denen ich reichlich gesammelt habe. Fast auf jeder Seite des Buches wird man Anklänge dieser Studien finden, während ich in einer kleinen, so eben erschienenen, Schrift „Madeira und Tenerife mit ihrer Vegetation" ein Bild der Inseln und ihrer Pflanzendecke zu entwerfen versuchte. Hier, wie in dem genannten Buche, habe ich nur skizziren können, hoffe jedoch später Gelegenheit zur monographischen Bearbeitung einzelner Pflanzen, nach dem gesammelten Material, zu finden.

Aufser dem Neuen, was ich selber bringe, habe ich mich bemüht, alle neuen und wichtigen fremden Untersuchungen nach Umständen länger oder kürzer und, wenn es möglich war, nach eigener Wiederholung und Prüfung zu besprechen, desgleichen gebe ich die neue Literatur so vollständig, als ich dieselbe zu sammeln vermochte. Sollte mir aber dennoch das Eine oder Andere entgangen sein, so wolle man es nicht meinem Willen, der gewifs der beste war, zur Last legen. Kleine Irrthümer und Mängel, die jeder menschlichen Arbeit anhängen, am wenigsten aber bei einem Lehrbuch, das alle Theile der Wissenschaft besprechen soll, ganz zu vermeiden sind, werden auch hier nicht fehlen. Ich erwarte eine gerechte und billige Beurtheilung. — Es sind so viele Fragen angeregt und doch so wenige definitiv entschieden, dazu ist das Material der vorhandenen Untersuchungen oftmals so grofs,

dafs eine gleichmäfsige Bearbeitung sämmtlicher Fragen nach allen Seiten hin kaum möglich ist. Diese grofsen Schwierigkeiten, welche sich mir namentlich bei der Herausgabe des zweiten Theiles der Pflanzen-Anatomie und Physiologie entgegenstellten, konnten mich dennoch nicht schrecken, da ich die Aufgabe für nützlich und zeitgemäfs hielt. Mit Lust und Eifer ging ich an die Arbeit, von der ich hoffe, dafs sie nicht verloren gewesen.

Während der erste Theil dieses Buches als zweite Auflage der „Pflanzenzelle" erschien, ist dieser zweite Band, welcher die aus Zellen zusammengesetzten Organe behandelt, mit Ausnahme weniger Abschnitte, die hier passender ihre Stelle fanden, eine durchaus neue Zusammenstellung nach den Grundsätzen des ersten Theiles entworfen, indem mir auch hier die Entwickelungsgeschichte als Führerin diente, an deren Hand ich die morphologischen Verhältnisse der Pflanzen zu erklären versuchte. Die zahlreichen neuen Abbildungen in Holzschnitt sind von mir selbst auf den Stock gezeichnet und von Herrn Lütke geschnitten, auch ist zur leichteren Benutzung derselben, sowie der Figuren der 11 lithographirten Tafeln, ein alphabetisches Verzeichnifs gegeben; desgleichen habe ich das Sachregister für beide Theile möglichst vollständig und so einzurichten gesucht, dafs man durch dasselbe die an verschiedenen Orten des Buches vorkommende Besprechung desselben Gegenstandes aufzufinden vermöge; dagegen ist das Register der Pflanzennamen, weil es sich mir als unbrauchbar erwiesen, weggefallen. Ich habe mich überhaupt bemüht, das Buch sowohl für den Pflanzen-Physiologen vom Fach, als auch für den Anfänger und überhaupt für jeden Freund der Pflanzenwelt brauchbar zu machen.

Dem väterlichen Freunde, Alexander von Humboldt, dessen liebevolle und einflufsreiche Bestrebungen mir zunächst die Mittel zum verlängerten Aufenthalt auf Madeira

erwirkten und dessen Theilnahme mir auch nach meiner Rückkehr in gleichem Maſse geblieben ist, überreiche ich auch diesen zweiten Theil als schwaches Zeichen meiner dankbarsten und innigsten Verehrung. Möge es ihm, dem die Naturwissenschaft und ihre Jünger so viel verdanken, vergönnt sein, noch recht lange Zeuge ihres von Jahr zu Jahr wachsenden Aufschwunges zu bleiben!

Berlin, im November 1858.

HERMANN SCHACHT.

Inhalt.

Einleitung.

§. 39. Wie man die Pflanzenzellen nach ihrer Entwickelungsgeschichte und Function in verschiedene Arten unterordnen kann, so gelingt es auch die Pflanzenorgane nach denselben Grundsätzen einzutheilen, ja es ist sogar zum übersichtlichen Verständnifs des Baues und der Lebensverhältnisse der Gewächse nothwendig eine auf dem genannten Wege erzielte Unterordnung der Organe vorzunehmen.

Eine solche Eintheilung kann nun zwar, wie jedes System in den Naturwissenschaften, wohl auf wissenschaftliche Bedeutung, keineswegs aber auf innere Vollendung Anspruch machen, weil dazu eine genaue Kenntnifs aller vorhandenen Gewächse nöthig wäre. Neu aufgefundene Thatsachen ändern aber, wie bekannt, nicht selten Theorien und Systeme, welche für lange Zeit als abgeschlossen galten. Mit Recht darf man dagegen von einem jeden derartigen System verlangen, dafs es logisch und dem dermaligen Standpunkt der Wissenschaft angemessen sei.

Ich unterscheide zunächst zwischen Stamm und Wurzel; beide zusammen bilden die Achse der Pflanze, die Blätter dagegen sind Seitenorgane des Stammes.

Der Stamm und die Wurzel wachsen beide an ihrer Spitze durch Zellenvermehrung und Zellenausdehnung; aber nur der Stamm kann Blätter bilden, weil seine jugendliche Spitze (der Vegetationskegel, punctum vegetationis) frei ist, d. h. von keiner Hülle abgestorbener oder absterbender Zellen bedeckt wird, während die sich fortbildende Spitze der Wurzel von einer solchen Hülle, der Wurzelhaube, umgeben ist. Die Anatomie der Gefäfsbündel zeigt aufserdem noch zwischen Stamm und Wurzel wesentliche Unterschiede.

Am Stamm nun hat man darauf wieder den Achsentheil oder den eigentlichen Stamm und die Blätter, welche Seitenorgane desselben sind, zu unterscheiden. Selbst unter der Stammspitze entstanden, fehlt den Blättern das Vermögen, direct aus sich neue Blätter zu erzeugen. Ihre Spitze hört zuerst auf sich weiter fortzubilden, während die Spitze des Stammes als dessen Vegetationskegel sich am längsten jugendlich erhält.

Der Stamm sowohl als wie die Wurzel entstehen aus einer Knospe, welche eigentlich kein für sich zu unterscheidendes Organ, sondern nur ein bestimmter und zwar sehr jugendlicher Entwickelungszustand des Stammes oder der Wurzel ist. Die Stammknospe bildet Blätter, welche häufig als Hüllorgane für die jüngeren Theile, welche sie umschliefsen, dienen. Der Wurzelknospe dagegen fehlen alle Blätter, sie zeigt dafür schon frühzeitig die Anlage zur Wurzelhaube.

Eine bestimmte Art der Stammknospen entwickelt anstatt eines mit gewöhnlichen Blättern versehenen Stammes eine Blüthe, d. h. den zur geschlechtlichen Fortpflanzung nothwendigen Apparat der phanerogamen Pflanzen, an welchem sich noch bis zu einem gewissen Grade Achse und Blatt unterscheiden lassen. Aus einem Theil der Blüthe entsteht darauf die Frucht und in derselben reift der Same.

Der Same aber umschliefst den Keim, und dieser besteht wieder bei allen phanerogamen Pflanzen aus einer Achse, an der sich bei der Mehrzahl derselben ein Stammende und ein Wurzelende unterscheiden lassen. Bei den Dicotyledonen hat das Stammende (die Plumula des Keimes) zwei oder mehrere mit einander auf gleicher Höhe stehende Blätter (die Keimlappen oder Cotiledones), während das Wurzelende (die Radicula des Keimes) als ächte Wurzelknospe mit einer Wurzelhaube versehen, auftritt. Bei den Monocotyledonen dagegen besitzt das Stammende nur einen einzigen Samenlappen, das Wurzelende aber wird hier nicht direct zur Wurzel, wohl aber liegen in seinem Gewebe die Anlagen zu einer oder zu mehreren Wurzeln[1]).

Wir erhalten nunmehr für die wissenschaftliche Zerlegung der Pflanze in ihre Organe folgendes Schema:

---

[1]) Die unentwickelten kugelförmigen Keime der Orchideen, Rafflesiaceen, Orobancheen und Monotropeen, an welchen sich weder Stamm- noch Wurzelende sichtbar differencirt, stellen die Pflanzenachse auf der untersten Stufe der Entwickelung dar.

Die Gesammtpflanze zerfällt demnach in:

Stamm und Wurzel.

Der Stamm zerfällt darauf wieder in: einen Central- oder Achsentheil, den eigentlichen Stamm und in dessen Seitenorgane, die Blätter.

Die Knospen als jüngste Entwickelungszustände des Stammes oder der Wurzel müssen in Stammknospen und Wurzelknospen unterschieden werden. Unter den Stammknospen endlich muſs man wieder Zweigknospen und Blüthenknospen unterscheiden.

Und so hat uns denn die Entwickelungsgeschichte und die vergleichende Anatomie selbst den Weg bezeichnet, dem wir hier folgen werden. Gewächse, welche weder einen eigentlichen Stamm noch eine wahre Wurzel besitzen, die sogenannte Zellenpflanzen als: Pilze, Algen, Flechten und Charen, sind bereits im ersten Theile dieses Buches besprochen worden, sie können hier nur in Betreff ihrer geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Fortpflanzung noch weitere Erwähnung finden. Aber auch die Befruchtungsorgane der höheren Kryptogamen lassen sich nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse nicht wohl, gleich der Blüthe der Phanerogamen, als Stammtheil mit Blättern auffassen, man kann deshalb bei ihnen nicht wohl von einer Blüthenknospe und Blüthe reden. Wo man aber ein System nicht weiter durchführen kann, da muſs man es fallen lassen, aber nicht versuchen es der Natur wider Willen aufzudrängen.

XI. Der Stamm.

§. 40. Der Stamm (caulis) entsteht aus einer Stammknospe und seine Spitze endigt wieder mit einer solchen, es sei denn, daſs selbige zur Blüthe geworden, oder in irgend einer Weise verkümmert wäre. Der Stamm wächst an seiner Spitze, durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der bereits entstandenen, er entwickelt unter derselben Blätter, und die Knospe, mit der er endigt, besitzt einen freien, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckten, Vegetationskegel. — Der Stamm der höheren Pflanzen besteht aus Parenchym, von Gefäſsbün-

deln durchsetzt, und seine Oberfläche ist mit einer Oberhaut oder durch Kork bedeckt. Nach der Ausbildungsweise der Gefäfsbündel zeigt derselbe entweder einen geschlossenen Holzring, welcher ein centrales Parenchym, das Mark, umgiebt und eine secundäre Rinde (bei den meisten Dicotyledonen), oder es erscheinen die Gefäfsbündel, weniger regelmäfsig angeordnet, im Parenchym des Stammes auf dem Querschnitt scheinbar wie zerstreut (bei den Monocotyledonen und bei vielen Kryptogamen); ein scharf umgrenztes Mark, ein Holzring, aus dem innern Theil der Gefäfsbündel mit Hülfe des Verdickungsringes entstanden, und eine secundäre Rinde, aus dem äufseren Theil derselben hervorgegangen, fehlen alsdann. — Bei allen Pflanzen treten die Gefäfsbündel gleichzeitig mit der Bildung junger Blätter in dieselben hinüber; der Austritt der Gefäfsbündel aus dem Stamm erfolgt überhaupt nur an dessen Spitze, oder bei der Bildung von Nebenknospen am Verdickungsring. — Zweig, Ast und Stamm sind nur ihrem Alter und ihrer Gröfse nach verschieden, denn der Zweig kann unter günstigen Umständen, wie der Steckling zeigt, zum Stamme werden. — Die Stammknospe ist das unentwickelte, aber enwickelungsfähige Ende eines Stammes oder eines Zweiges. — Stamm und Wurzel bilden die Achse der Pflanze; sowohl der Bau als auch die Function unterscheiden beide von einander, denn der Stamm mit unbedecktem Vegetationskegel kann Blätter bilden, während die Wurzel mit bedeckter Spitze niemals Blätter erzeugt; wesentliche Unterschiede in der Ausbildungsweise der Gefäfsbündel sind eine Folge dieser Verhältnisse.

Ueber den Begriff des Stammes sind sich jetzt wohl sämmtliche Pflanzen-Anatomen einig, denn es ist zu oft und sicher nachgewiesen, dafs der Stamm einzig und allein aus einer Stammknospe, aber niemals aus mit einander verwachsenen Blättern entsteht, so dafs diese ältere Ansicht nur noch geschichtlich einer Erwähnung verdient.

Nach Schleiden[1]) wächst der Stamm an seiner Spitze, das Blatt dagegen an seiner Basis, der Stamm hat nach ihm ein unbegrenztes, das Blatt ein begrenztes Wachsthum. Die Knospe ist nach demselben Forscher das unentwickelte, aber entwickelungsfähige, Ende einer Haupt- oder Nebenachse; er unterscheidet Endknospe, Achselknospe und Nebenknospe. — A. Braun[2]) betrachtet Stengel, Blatt und Wurzel als wesentlich verschiedene Theile des Pflanzenorganismus, Stengel und Blätter gehören nach ihm als Ganzes zusammen. Derselbe, des-

---

[1]) Schleiden, Grundzüge. Ausg. II. Bd. II. p. 112 u. 136.

[2]) A. Braun, die Verjüngung in der Natur. p. 120. p. 21.
» das Individuum der Pflanze. Abhandl. d. Berl. Akademie. 1853.

gleichen Röper bezeichnen die Knospe als junge noch nicht entfaltete Pflanze, nach ihnen ist jede Knospe am alten Pflanzenstock ein junges Individuum. Nach Du Petit Thouars ist die Seitenknospe eine neue Pflanze, welche ihre Wurzeln in den Mutterstamm entsendet. Da aber solche Wurzeln nicht vorhanden sind, so ist diese Anschauungsweise nur ein leeres Wortspiel. — Nach H. Crüger [1]) ist die Achse das einzige morphologische Grundorgan der Pflanze, das Blatt aber eine seitliche Ausbreitung desselben. — Ueber den Bau des Stammes haben insbesondere v. Mohl [2]) und Unger [4]) geschrieben, desgleichen hat H. Crüger zahlreiche Untersuchungen über die abnorme Holzbildung tropischer Stämme geliefert [5]). Ich selbst habe mich mit der Entwickelungsgeschichte und der vergleichenden Anatomie des Stammes vielfach beschäftigt [6]).

Die niedrigsten Gewächse, die Pilze, Flechten und die meisten Algen sind stammlos. Die vielfach verzweigten, aus verkalkten Gliedern bestehenden Stämmchen der Corallina könnte man vielleicht nach ihrer Wachsthumsweise schon als Stämme bezeichnen. Alle höheren Pflanzen, von den Moosen und Lebermoosen ab, sind dagegen mit einem Stamm versehen.

Verfolgt man die Entwickelungsgeschichte, des Embryo der Phanerogamen, so sieht man aus einer Zelle, durch wiederholte Zellentheilung, allgemach ein aus vielen kleinen Zellen bestehendes kugeliges Körperchen (das Embryokügelchen) hervorgehen; dasselbe bildet die Achse der jungen Pflanze. In seltenen Fällen (bei den Orchideen, bei Monotropa und den Orobancheen, ferner bei Hydnora und Rafflesia) bleibt es als solches, bei der Mehrzahl der Pflanzen dagegen bildet es, indem es sich in der Regel zu einem mehr oder weniger walzenförmigen Körper verlängert, an dem einen Ende eine oder mehrere Erhebungen, aus denen die Keimblätter oder Samenlappen hervorgehen. Zwischen denselben verbleibt alsdann die organische Spitze der Achse als Vegetationskegel der nunmehr vorhandenen Stammknospe

---

[1]) H. Crüger, Achse und Blatt. Bot. Zeitung 1851.
" " die Vorläufer. Bot. Zeitung 1856. p. 545.

[2]) H. v. Mohl, über den Bau des Stammes der Baumfarren. — Ueber den Stamm von Isoëtes und über den Stamm der Palmen. — Ueber den Mittelstock von Tamus. — Ueber den Cycadeen- und Coniferenstamm u. s. w. Vermischte Schriften.

[3]) Unger, Bau und Wachsthum des Dicotyledonenstammes.
" Wachsthum der Internodien. Bot. Zeitung 1844. p. 489.

[4]) H. Crüger, Anomale Holzbildungen der Dicotyledonen. Bot. Zeitung 1850—1851.

[5]) H. Schacht, der Baum. IV. Stamm und Zweige. p. 106—142.
" " Entwickelungsgeschichte flächenartiger Stämme. Flora 1853. p. 457.

(Fig. 84), welche von den Autoren als Plumula des Embryo beschrieben wird. Während nun die Achse des ausgebildeten Keimes an der einen Seite mit einer Stammknospe endigt, schliefst das andere Ende derselben bei den Dicotyledonen mit einer Wurzelknospe ab, welche bei den Monocotyledonen nicht frei, sondern im Gewebe der Keimachse liegend, erscheint, und deren häufig mehrere vorkommen (Fig. 85). Dieser Theil des Keimes, welcher immer dem Knospenmund (Micropyle) der Samenknospe zugewendet ist, wird als Würzelchen (Radicula) bezeichnet.

Fig. 84.

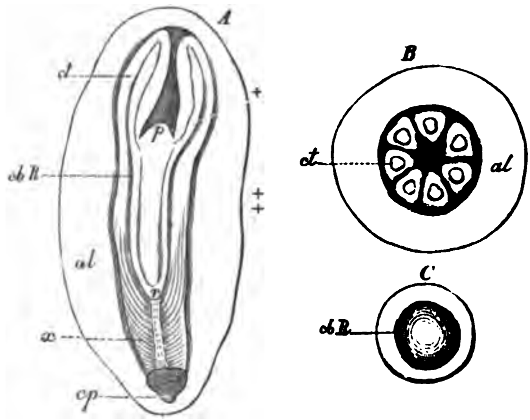


Fig. 85.

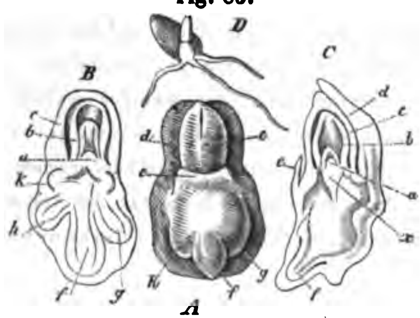
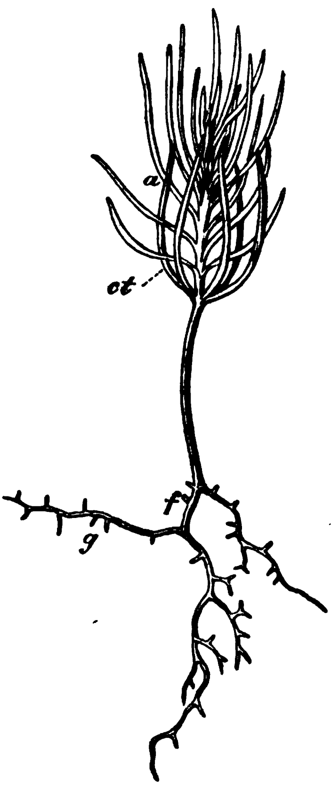


Fig. 84. Der Kern, d. h. das Sameneiweifs mit dem Keim, des Samens der Kiefer (Pinus silvestris). *A* Im Längsschnitt: *al* Sameneiweifs, *cbR.* Verdickungsring, *ct* Samenlappen, *cp* Corpusculum, *x* Wurzelhaube. *B* Ein Querschnitt in der Höhe von +. *C* Ein Querschnitt in der Höhe von ‡. Das Sameneiweifs ist entfernt. Die Bezeichnungen wie bei *A*. (Vergröfserung 30 mal).

Fig. 85. *A* Der Keim eines Grassamens (Agropyrum fastuosum) von oben gesehen. *B* als Längsschnitt von Oben. *C* als Längsschnitt von der Seite. *a* der Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula), unter welcher schon 3 Blätter entstanden sind, *c* das erste dieser Blätter (welches auf dem Querschnitt nur 2 Gefäfsbündel zeigt), aus dessen Spalte beim Keimen der junge Halm hervor-

Ein Querdurchschnitt durch die Achse des dicotyledonen Keimes zeigt darauf einen Cambiumring, welchen ein inneres Parenchymgewebe (das Mark) von einem äufseren Gewebe ähnlicher Art (von der primären Rinde) scheidet. In dem Cambiumring, welcher aus einem kleinzelligen, an Proteinverbindungen reichen Gewebe besteht, bilden sich bei den meisten Pflanzen schon vor der Keimung die ersten Cambiumbündel, welche bei Quercus, Juglans, Viscum u. s. w. schon im ausgebildeten Keime Gefäfse enthalten, wogegen bei der Mehrzahl der Pflanzen diese erst während der Keimung entstehen. In beiden Fällen erscheinen die ersten Gefäfse unfern des Vegetationskegels der Stammknospe, und gehen von da mit der weiteren Ausbildung des Gefäfsbündels sowohl abwärts in die Wurzel als aufwärts in die Samenlappen. Bei unseren Nadelhölzern entspricht die Zahl der ersten Gefäfsbündel der Keimpflanze jederzeit der Zahl der Samenlappen; bei den übrigen mit 2 Samenlappen keimenden Dicotyledonen ist dagegen die Zahl der ersten Gefäfsbündel weniger bestimmt; in der Regel sind deren mehr als 2 vorhanden. Wenn nun die junge Pflanze keimt, so verlängert sich in der Regel zuerst die Keimachse, bald darauf erhebt sich aber mit ihr auch der zwischen den Samenlappen gelegene Vegetationskegel. Unter seiner Spitze entstehen junge Blätter, und zwischen jedem einzelnen neuen Blatte, oder zwischen jedem neuen Blätterkranz (Blattwirtel) streckt sich die Achse, welche diese Blätter trägt; es bilden sich die Stengelglieder (Internodien) und es entsteht ein junger Stamm (Fig. 86), der dem

Fig. 86.



tritt, und welches als Scheide (Coleopyle) verbleibt, *b* das zweite Blatt, welches sich gleich den folgenden vollständig ausbildet, *d* der Samenlappen, *e* ein Theil desselben, aus welchem *c* hervortritt, *f*, *g*, *h*, *k* Nebenwurzeln, *x* das Keimlager unter dem Vegetationskegel (10mal vergröfsert). *D* ein keimendes Samenkorn; die Nebenwurzeln *f*, *g*, *h* sind schon hervorgetreten.

Fig. 86. Die Keimpflanze von Pinus silvestris im ersten Sommer. *a* Der aus der Stammknospe hervorgegangene Stamm, *ct* die Samenlappen, *f* die Pfahlwurzel, *g* Seitenwurzeln.

Licht entgegenwächst und der mit einem Vegetationskegel oder mit anderen Worten mit einer Stammknospe endigt. Die Grenze des Stammes und der Wurzel liegt bei der dicotyledonen Keimpflanze immer unterhalb der Samenlappen (Fig. 87), sie zeigt sich häufig durch das frühe Absterben einer äufseren Rindenschicht der Wurzel schon dem unbewaffneten Auge (Fagus, Juglans, die Coniferen u. s. w.).

Fig. 87.



Während sich nun die Stammknospe der Keimpflanze erhebt um einen jungen Stamm zu bilden, entwickeln sich in ihrem Innern durch den Cambiumring auch die Gefäfsbündel weiter; der dicotyledone Stamm erhält durch sie seinen Holzring und seine secundäre Rinde; und im monocotyledonen Stamm, der übrigens ganz in derselben Weise aus der Plumula der Keimpflanze hervorgeht, bilden sich mit dem Wachsthum des jungen Stammes mehr und mehr neue Gefäfsbündelzweige.

Der Vegetationskegel an der Spitze des Stammes, welcher entweder fortdauernd, oder mit periodischen Unterbrechungen, unter sich neue Blätter und Stengelglieder bildet, bewirkt die Verlängerung des Stammes. Die einmal ausgebildeten im Innern verholzten Stengelglieder[1]), einer Pflanze verlängern sich dagegen nicht mehr, weil mit dem Verholzen der Zellen eine Verlängerung der betreffenden Theile aufhört. Wenn der Vegetationskegel eines Stammes zur Blüthe wird, oder wenn er gar abstirbt, so ist deshalb auch mit ihm das Längswachsthum des Stammes beendigt. Nur solche Stammtheile, deren Zellen nicht verholzen, sind auch späterhin noch zu einer Verlängerung

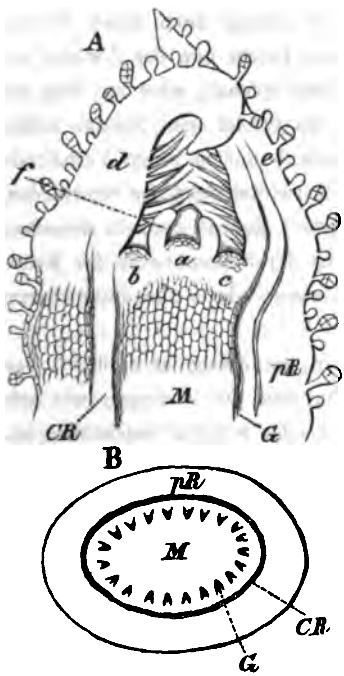
Fig. 87. *I* Keimpflanze von Thuja, *II* u. *III* Keimpflanze von Pinus silvestris, *IV* Keimpflanze von Ephedra. *s* der Same, welcher bei Thuja und Pinus über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweifs verbraucht ist, abgestreift wird (*II*), bei Ephedra dagegen in der Erde verbleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Das Gewebe des hier saftig verbleibenden Knospenkerns (*y*) vermittelt die Ernährung durch das Sameneiweifs. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

1) Stengelglied, Internodium, heifst der Theil eines Stammes, welcher zwischen zweien der Höhe nach auf einander folgenden Blättern oder Blattkreisen liegt.

fähig; wie wir dies an den Samenschuppen vieler Pinusarten und im geringeren Grade an den nicht verholzten Gelenken einiger Pflanzen sehen.

Wie der Vegetationskegel das Längswachsthum, so bewirkt der Verdickungsring das Wachsthum des Stammes im Umfang (Bd. I. p. 296). Dasselbe ist wie das erstere unbeschränkt, denn jedes Stengelglied kann entweder fortdauernd oder mit periodischen Unterbrechungen so lange in seinem Umfang wachsen, als der Verdickungsring in ihm thätig verbleibt. Bei den Dicotyledonen entsteht durch ihn der Holzring ohne oder mit Jahresringen und gleichzeitig bildet sich auch durch ihn die secundäre Rinde. Der Stamm der Palmen, Pandanusarten, der Drachenbäume und anderer Monocotyledonen verdickt sich ebenfalls durch ihn. Dasselbe gilt für die Kryptogamen, doch scheint die Thätigkeit des Cambiumringes bei ihnen nur auf eine bestimmte Zeit beschränkt zu sein.

Fig. 88.



Jeder Stamm entwickelt sich aus einer **Stammknospe**, aber dennoch unterscheidet man 3 Arten der letzteren. 1. Endknospe (Terminalknospe), 2. Achselknospe (Axillarknospe) und 3. Nebenknospe (Adventivknospe). Dieselben sind zunächst durch ihre Stellung am Stamme, bei einigen Pflanzen aber auch durch physikalische oder physiologische Verhältnisse unterschieden. Der wesentlichste Theil dieser Knospen ist in allen Fällen ihr **freier**, d. h. von keiner Wurzelhaube bedeckter, Vegetationskegel, aus dem sich bei allen dreien auf die vorhin für die Endknospe der Keimpflanze beschriebenen Weise ein Stamm entwickeln kann (Fig. 88).

Die **Endknospe** erscheint am Ende eines Stammorgans, z. B. zwischen den Samenlappen des Keimlings, aber auch

Fig. 88. *A*. Längsschnitt durch den Stamm der im Keimen begriffenen Kastanie (Castanea vesca) *a* die Endknospe, *b* und *c* die Achselknospen der ersten Blätter *d* und *e*, *f* ein jüngeres Blatt. *CR* der Cambiumring, *M*, das Mark.

am Ende eines jeden Zweiges, im Fall sie dort nicht zur Blüthe geworden oder verkümmert ist.

Die Achselknospe bildet sich dagegen in der Achsel eines Blattes; sie zeigt sich dort zuerst als kleine kegelförmige Erhebung, als Vegetationskegel, welcher bald unter sich Blätter bildet.

Die Nebenknospe endlich kann sich an allen Theilen der Pflanze entwickeln, wo Gefäfsbündel mit einem fortbildungsfähigen Zellgewebe zusammentreffen. Deshalb erscheint sie vorzugsweise am Cambiumring des Stammes sowohl als auch der Wurzel. Die junge Knospe bricht in diesem Falle später aus der Rinde hervor. Aber sogar am Blatte kann eine Nebenknospe entstehen, wie wir dies häufig bei Bryophyllum, Malaxis paludosa, Cardamine pratensis u. s. w., desgleichen bei einigen Farrenkräutern wahrnehmen.

Aus der Endknospe der Keimpflanze entwickelt sich der Hauptstamm, den einige Schriftsteller den Stamm erster Ordnung nennen; durch Bildung von Achselknospen und seltener auch durch Nebenknospen verzweigt sich darauf derselbe. Indem nun der Zweig sowohl in die Länge als auch im Umfang wächst, wird aus ihm ein Ast, der seinerseits durch Achselknospen wieder neue Zweige bilden kann. Zweig, Ast und Stamm sind deshalb nur in ihrem Verhältnifs zu einander, aber keinesweges in ihrer Entwickelungsweise verschieden, denn der Zweig entwickelt sich aus seiner Knospe ganz in derselben Weise als die Anlage zum Stamm aus der Stammknospe der Keimpflanze, ja der Zweig selbst kann als Steckreis wieder zum Hauptstamm einer neuen Pflanze werden.

Die Stellung der Achselknospen am Zweig ist natürlich von der Stellung der Blätter abhängig; da nun die letzteren, wie wir später beim Blatte sehen werden, mehr oder weniger regelmäfsig ist, so ist auch die Art der Verzweigung durch diese Art der Knospen geregelt. Als Beispiel mögen unsere Laubbäume dienen, deren Zweige so weit sie aus Achselknospen entstanden sind, alle in derselben Ordnung an den Aesten stehen, wie die Blätter an den Zweigen auftreten. Aber nicht immer entsteht in der Achsel jedes Blattes eine Knospe, oder kommt zum wenigsten nicht immer zur weiteren Ausbildung. Bei der Tanne z. B. (Abies pectinata) entsteht nur in der Achsel ganz bestimmter Blätter eine Knospe, denn nur am Ende jedes Jahrestriebes

pR, die primaire Rinde. *G*, der Holztheil der Gefäfsbündel. — *B*. Der Querschnitt, die Bezeichnung gleichlautend. (Vergröfserung 20 mal.)

erfolgt hier die Verzweigung durch zwei Seitenknospen; bei der Fichte (Picea vulgaris) dagegen ist die Knospenbildung schon viel reichlicher aber unregelmäſsig; bei der Kiefer (Pinus silvestris) und bei der Lerche (Larix europaea) endlich hat jedes Blatt seine Knospe, aber nicht jede derselben entwickelt einen ausgebildeten Zweig, die Mehrzahl bleibt als Zweig mit verkürzten Stengelgliedern, welcher bei der gemeinen Kiefer nur zwei vollkommene Blätter, die beiden Nadeln, bei der Lerche dagegen einen Kranz von vielen Nadeln ausbildet. Andere Knospen dieser Bäume werden wieder zum schlanken Zweig oder zur Blüthe. Bei der Kiefer ist die Stellung der Zweig- und Zapfenknospen durchaus regelmäſsig, sie erscheinen am Ende eines Jahrtriebes, bei der Lerche dagegen fehlt für sie eine bestimmte Anordnung.

Die Achselknospe entsteht in der Regel bald nach der Anlage des Blattes, aber sie entfaltet sich nicht immer gleichzeitig mit demselben, vielmehr häufig erst nachdem das Blatt bereits vom Zweig gefallen ist. — Wenn zwei Knospen in der Achsel desselben Blattes erscheinen, wie dies für bestimmte Pflanzen Regel ist, so sind nicht immer beide von gleichem Werth. Die Linde (Tilia) z. B. hat in der Achsel jedes Blattes zwei Knospen; die eine derselben entwickelt sich bald nach der Ausbildung des Blattes als Blüthenstand (Blüthenzweig), die andere dagegen ruht bis zum kommenden Jahr, wo sich aus ihr der neue Zweig mit seinen Blättern entwickelt. Auch der Weinstock (Vitis vinifera) hat zwei Knospen von ungleichem Werth und mit verschiedener Entwickelungszeit. Zwei oder mehrere Achselknospen von gleichem Werth und mit gleicher Ausbildungszeit finden wir dagegen in vielen Blüthenständen, z. B. bei Manglesia cuneata, Grevillia, Musa coccina u. s. w., ja die Bananen, Musa sapientum, M. Cavendishi u. s. w. besitzen sogar bis 20 Knospen in 2 Reihen gestellt hinter jedem Deckblatt ihres Blüthenstandes.

Die Nebenknospe ist für den Stamm und für die Wurzel an keinen bestimmten Ort gebunden, sie kann sich überall am Cambiumring erzeugen, aber sie entsteht nicht bei allen Pflanzen und nicht unter allen Verhältnissen. Bei den meisten Nadelhölzern erscheint die Nebenknospe selten oder gar nicht, bei der Tanne (Abies pectinata) findet sie sich hier und da wo die Rinde verletzt ward; es scheint überhaupt als ob sie zunächst da aufträte, wo zur Vernarbung einer Wunde die Rinde vorzugsweise thätig ist. Während unsere Kiefer wohl niemals Nebenknospen erzeugt, sind viele amerikanische Kiefern

durch die Leichtigkeit, mit der sie Nebenknospen bilden, ausgezeichnet, ja die schöne canarische Kiefer (Pinus canariensis) bekleidet, zumal wenn ihr die Aeste genommen wurden, ihren ganzen Stamm mit jungen, aus Nebenknospen entstandenen Zweigen, welche, gleich der Keimpflanze der gemeinen Kiefer, im ersten Jahre einzeln stehende lange Blätter tragen, aus deren Achsel erst später 3 Nadeln in einer Scheide hervortreten. Die Vernarbungsfläche abgehauener Aeste sind bei der Pappel und der Rofskastanie mit Nebenknospen und jungen Zweigen aus ihnen entstanden übersäet; der Gärtner knickt den Blattstiel der Gesnerien um an der verletzten Stelle eine Nebenknospe zu gewinnen. Sogar der jugendliche Blüthenschaft von Agapanthus africanus entwickelt an der geknickten Stelle Nebenknospen, die zu Blüthen werden.

Am Stamm wie an der Wurzel erscheint die junge Nebenknospe an der Rindenseite des Cambium; es bildet sich an diesem Ort ein kleiner Zellenkegel, welcher mit dem Cambium innig verbunden ist, dagegen sich bald von den Zellen der Rinde isolirt. Indem nun die junge Nebenknospe den Saft des sie umgebenden Rindenparenchyms verzehrt, vertrocknen die Zellen desselben, sie sinken zusammen, die Knospe aber bahnt sich ihren Weg und durchbricht endlich die Rinde. Sie empfängt ihre Gefäfsbündel von dem Ort, wo sie am Cambium des Stammes oder der Wurzel entstanden ist und bildet selbige in der gewöhnlichen Weise weiter. Von nun ab gilt für sie alles dasjenige, was auch für die beiden anderen Knospenarten Geltung hat.

Wenn der Vegetationskegel am Ende eines Zweiges fortdauernd thätig ist und wenn sich die durch ihn entstandenen Stengelglieder sofort ausdehnen, so wächst der Zweig ohne Unterbrechung in die Länge. Wir sehen dies bei der Mehrzahl der einjährigen Pflanzen. Wenn dagegen im Leben der Knospe periodischen Unterbrechungen vorkommen, so wird der Längenwachsthum des Zweiges dadurch in gleicher Weise periodisch beschränkt. Dies gilt für alle Bäume der gemäfsigten Zone, ja sogar für viele mehrjährige Pflanzen südlicher Breiten. Eine solche Knospe öffnet sich im Frühling, sie entfaltet den Zweig, welcher im Sommer oder Herbst vorher angelegt ward, und schliefst sich darauf entweder sofort um für eine Zeit lang zu ruhen (bei der Eiche, Rothbuche, Weifsbuche, Esche, Tanne, Fichte, Kiefer) oder sie wächst noch eine Zeit lang fort um sich erst später zu schliefsen (bei der Erle, Birke, Pappel, Linde, Lerche). Im ersten Fall erhält der junge Zweig nur so viel Blätter, als im Jahr vorher

für ihn angelegt wurden, im andern Falle werden aufserdem noch für ihn in demselben Sommer neue Blätter angelegt und ausgebildet. Im ersten Falle wächst der junge Zweig nur eine kurze Zeit, nämlich nur so lange bis die für ihn im Jahr vorher angelegten Stengelglieder ihre normale Länge erreicht haben, sobald aber in ihnen, und zwar von unten nach oben die Verholzung der Zellen beginnt, ist auch der Längenwachsthum der Stengelglieder beendigt. Der junge bis dahin unter der Last seiner Blätter herabhängende Buchenzweig richtet sich jetzt empor, aber er verlängert sich fortan nicht mehr. Dagegen wächst der junge Zweig der Birke, Pappel, Lerche bis spät in den Sommer hinein, weil sich auch bis dahin neue Stengelglieder bilden und entfalten.

Fig. 89.

A

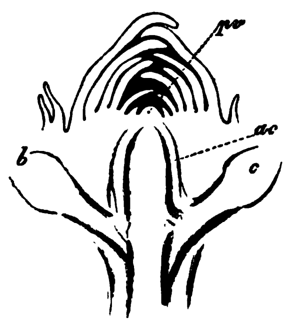
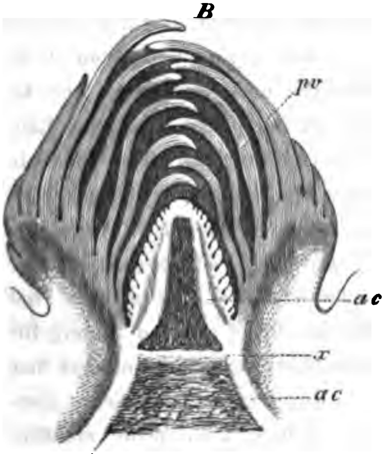


Fig. 90.

B



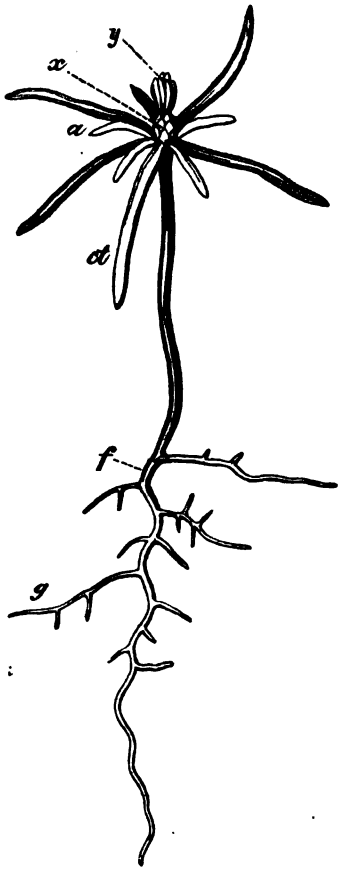
Nicht sämmtliche Blätter, welche unter dem Vegetationskegel eines Stammes entstanden sind, werden in allen Fällen als wahre Laubblätter ausgebildet; ein Theil derselben verbleibt nämlich bei vielen Pflanzen schuppenartig, als Deckschuppen für die Knospe dienend, welche unter ihrem Schutz die Anlage zu einem neuen Triebe entwickelt und überwintert (Fig. 89 u. 90). Wenn dann im Frühjahr dieser neue Trieb hervorbricht, so fallen die Deckschuppen theilweise (bei Abies, Picea, Pinus, Larix) oder sämmtlich (bei Fagus, Quercus

Fig. 89. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht; *ac* der Verdickungsring des Zweiges, *b* u. *c* das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig, *pv* der Vegetationspunkt der geschlossenen Knospe. (Vergröfserung 12 mal).

Fig. 90. Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges derselben Tanne, am 26. August untersucht; *ac* der Verdickungsring, *pv* der Vegetationspunkt der Knospe, auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres, *x* die Grenze zwischen dem jungen Trieb und dem Zweig. (Vergröfserung 12 mal).

überhaupt bei unseren Laubhölzern) vom Zweige. Die zurückbleibenden Deckschuppen der genannten Nadelhölzer, dem Forstmann als Schuppenansätze bekannt, geben Zeugnifs für das Alter eines Zweiges, indem jeder Jahrestrieb mit einem Schuppenansatz beginnt (Fig. 91). Wo dagegen die Deckschuppen unserer Laubhölzer sämmtlich abfallen, bleiben deren Narben zurück, welche alsdann das Alter des Zweiges bezeichnen; so bei der Buche, wo sie in Form mehrerer dicht über einander liegender Ringe auftreten.

Fig. 91.



Die Zahl dieser Deckschuppenkreise für die Knospe ist nach den Pflanzen sehr verschieden. Bei den genannten Nadelhölzern sind sie zahlreich vorhanden; auch die Eiche, die Buche und die Rofskastanie haben mehrere derselben, die Birke dagegen zeigt nur einen Kreis von Deckschuppen und die Knospen von Alnus glutinosa und Viburnum Lantana entbehren derselben gänzlich. Unter den Nadelhölzern haben Thuja, Cupressus, Juniperus, desgleichen Araucaria keine Deckschuppen. Der Kaffeestrauch (Coffea arabica) hat wie die Mistel (Viscum album) für jedes Blattpaar zwei kleine aber hier mit den Laubblättern nicht alternirende Deckschuppen, welche beim Kaffeestrauch nicht abfallen. Die Ficusarten endlich haben für jedes ausgebildete Blatt 1 oder 2 Deckblätter, welche frühzeitig abfallen. Die Stengelglieder, welche Deckschuppen tragen, bleiben in allen Fällen unentwickelt, die Kreise

Fig. 91. Keimpflanze von Abies pectinata im Frühling des zweiten Jahres. *a* die Blätter (Nadeln) des ersten Jahres. *x* der Schuppenansatz oder die Deckschuppen, aus welcher der Trieb des zweiten Jahres (*y*) hervorbricht. *ct* die Samenlappen. *f* die Pfahlwurzel. *g* Seitenwurzeln.

der Deckschuppen liegen deshalb, wenn deren mehrere vorhanden sind, nahe übereinander[1]). Die Stellung der Deckschuppen entspricht der Blattstellung am Zweige, wo gegenständige alternirende Blätter vorkommen (Aesculus, Sambucus, Siringa) sind auch die Deckschuppen gegenständig und alternirend; bei spiraliger Blattstellung sind dagegen auch sie mehr oder weniger spiralig gestellt. (Den Bau und die Gestalten der Deckschuppen werde ich beim Blatte näher besprechen.)

Das Aufbrechen der Knospen erfolgt bei unseren Bäumen im Frühjahr und zwar zu verschiedener Zeit; der eine Baum treibt früher als der andere. Die Witterungs- und die Standorts-Verhältnisse kommen hier sehr in Betracht, weil ein bestimmter Wärmegrad für jede Pflanze zur Entfaltung ihrer Knospen nöthig erscheint[2]). Bei plötzlich eintretender Wärme des Frühjahrs werden deshalb Bäume, welche im allgemeinen erst später grünen, gleichzeitig mit anderen, welche früher zu treiben pflegen, ihre Knospen entfalten; vermehrt sich dagegen die Wärme nur ganz allmälig, so werden diejenigen Pflanzen, welche mehr Wärme bedürfen, später ihre Knospen öffnen als solche, welche mit weniger Wärme vorlieb nehmen. Im kalten Frühjahr 1853 entfaltete (zu Rudolstadt am Thüringerwalde) die Lerche zuerst ihre Knospen.

---

[1]) Bei vielen Pflanzen, z. B. Abies liegt der junge Trieb, indem sich der Theil, welcher die Knospenschuppen trägt, späterhin becherartig erhebt, ein wenig eingesenkt. (Fig. 90.)

[2]) Zur Literatur hierüber:

Annekow. Observations sur les plantes indigénes des environs de Moscou. Bulletin de la société impériale de Moscou. 1850. (Flora. 1852 p. 237.)

Cruerger, H. Die Periodicität der Pflanzen. Bot. Zeitung 1854 p. 8.

Cohn, F. Entwickelung der Vegetation in den Jahren 1851—52. Bot. Zeitung 1852 p. 627.

Derselbe. Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 1853.

Quetelet, A. Phenomènes periodiques naturels, Regne végétal. Bruxelles. 1851. Beobachtungen von 1841—1850. (Flora 1853. p. 134 woselbst die Tabellen vollständig mitgetheilt sind.)

Derselbe. Sur la relation entre les températures et la durée de la végétation des plantes. Bulletin de l'académie royale de Belgique XXII. (Flora 1855 p. 547.)

Westerland. Entwickelung des Frühjahrs bei Kalmar. Nya bot. Notiser. Stockholm 1850. (Bot. Zeitung 1855 p. 591).

Heer. Sur la manière de végéter des arbres de l'Europe et des Etats unis transportés à Madére. Bibl. de Genève 1852. (Bot. Zeitung 1853 p. 209.)

Lachmann. Die Entwickelung der Vegetation durch die Wärme nach 30jährigen Beobachtungen an Pflanzen. Bericht der schlesischen Gesellschaft zur Förderung der vaterländischen Kultur. 1855.

Wichura. Das Blühen, Keimen und Fruchttragen der einheimischen Bäume und Sträucher. Flora. 1857 p. 572.

Taratschkoff. Observations sur les époques du développement des plantes indigénes des environs d'Orel. Faites pendant les années 1851—1853. Bulletin de la société impérial de Moscou. 1855.

Als darauf die Birke, Erle, Buche und Hainbuche bereits grünten, waren die Eiche, Tanne, Fichte und Kiefer noch weit zurück. Die Pappel und die Weiden kamen etwas später, die Acacie machte den Beschlufs. — Die Endknospen brechen in der Regel etwas früher auf als die Achselknospen; der Eichenniederwald treibt etwas früher als der Eichenhochwald, ebenso grünen ganz junge Tannen (Anflug) früher als die Bäume dieser Art. Selbst auf Madeira belaubt sich der niedrige Wurzelausschlag der Kastanie in der Regel um einen Monat früher als der hochgewachsene Baum, welcher auch hier erst im Mai seine Blätter erhält. Die Eiche dagegen (Quercus pedunculata?) treibt zu Funchal schon im Februar ihr erstes Laub. Die Höhe des Ortes über dem Meere ändert hier viel in der Zeit; dieselbe Pflanze kommt an den höheren und darum kälteren Regionen später als in der wärmeren Niederung zur Knospenentfaltung.

Sobald die Knospe schwillt hat in ihr die weitere Ausbildung des schon im Herbst angelegten Triebes begonnen; der Winterschlaf der Pflanze ist vorüber, sie erwacht zum neuen Leben; die Wärme und die Feuchtigkeit haben sie erweckt. Die Stengelglieder des jungen Triebes verlängern sich nunmehr und seine Blätter wachsen mit ihnen, die Hülle der Deckschuppen wird von dem jungen Trieb gesprengt, er bricht aus ihr hervor. Bei den meisten Bäumen wachsen aber die Deckschuppen noch eine Zeit lang mit dem Trieb, der sich unter ihrem Schutz ausbildet; geschähe dies nicht, so könnten die Knospen nicht schwellen, der Trieb müfste sofort hervorbrechen und er würde oft der rauhen Witterung unserer Gegend unterliegen, so aber wächst die Deckschuppe, deren oberer Theil schon im Herbst abgestorben war, an ihrem Grunde mit ihm weiter. In der Regel gilt dies jedoch nur für die innersten, den jungen Trieb zunächst umschliefsenden Knospenschuppen, so bei der Eiche, Buche, Hainbuche, desgleichen bei der Fichte. Die innersten Knospenschuppen der Tannen sind, wenn die Knospe schwillt, über ihre ganze Fläche zart und saftig. Bei der Fichte werden die Deckschuppen, mit einander durch Harz verklebt, als braungefärbtes Mützchen abgeworfen. Bei der Kiefer fallen sie einzeln vom Triebe; das Stützblatt der Doppelnadelknospe vertritt hier die Stelle der eigentlichen Deckschuppe[1]).

---

[1]) Man vergleiche meine Entwickelungs-Geschichte der Blatt- und Blüthenknospe einiger Nadelhölzer und deren Ausbildung zum Zweig oder zur Blüthe in meinen Beiträgen zur Anatomie. p. 182—206.

Wenn der junge Trieb endlich die Hülle der Knospe durchbrochen hat, so verlängern sich seine Stengelglieder so lange bis in ihm die Verholzung bestimmter Zellen der Gefäfsbündel beginnt. Dieser Procefs erfolgt von unten nach oben, das erste Stengelglied verholzt zuerst, das oberste zuletzt. Die ersten Glieder eines Triebes sind wahrscheinlich deshalb bei den meisten Bäumen, (Eiche, Buche, Hainbuche, Erle u. s. w.) kürzer als die folgenden, welche mehr Zeit hatten sich zu verlängern; doch kommen auch hier Unregelmäfsigkeiten vor, über welche die Wissenschaft zur Zeit noch keine Rechenschaft zu geben vermag.

Die Ausbildung des jungen Triebes ist häufig bei derselben Pflanze verschieden; die Lerche z. B. macht Zweige mit verlängerten Stengelgliedern (in der Regel aus der Endkospe des Zweiges) und andere mit verkürzten Stengelgliedern) aus den Achselknospen der vorjährigen, sowie der älteren Triebe), doch herrscht hier kein Gesetz, denn bei demselben Baum kann eine Knospe, die Jahre lang verkürzte Zweige (die sogenannten Blätterkränze) bildete, plötzlich einen schlanken Zweig entwickeln (Fig. 92. *d*). Die Ceder verhält sich in ähnlicher Weise, dasselbe gilt auch für Berberis und für Ribes grossularia. Auch bei der Buche bildet die Endknospe des Zweiges lange Stengelglieder, während dieselben aus den Achselknospen ungleich kürzer werden. Jede Pflanze zeigt hier ihre Eigenthümlichkeiten, die man genau studiren mufs. Die Weise der Zweigbildung bedingt aber zunächst die Tracht (den Habitus) der Gewächse.

Fig. 92.

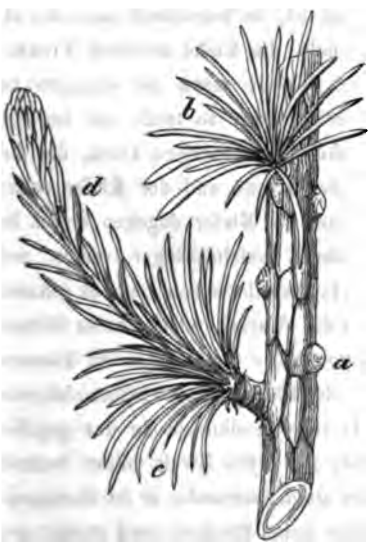


Fig. 92. Ein Zweig der Lerche (Larix europaea), *a* eine Knospe, die nicht zur weitern Ausbildung gekommen. *b* ein Zweig mit verkürzten Stengelgliedern. *c* ein ähnlicher Zweig, welcher aber statt sich wie in *b* durch Bildung von Knospenschuppen zu schliefsen, später den Zweig (*d*) mit verlängerten Stengelgliedern ausgebildet hat.

Die Mehrzahl unserer mehrjährigen Pflanzen treibt **normal** nur **einmal** im Jahr und zwar im Frühling, d. h. sie bilden alsdann den jungen Trieb, der im Sommer zuvor in der Knospe angelegt wurde, zum Zweig heran. Während dies geschieht, schliefst sich der Vegetationskegel dieses Zweiges, indem er unter sich junge Blätter bildet, welche zu Deckschuppen werden (Fig. 89. p. 13). In der Regel ruht der Vegetationskegel jetzt für eine Zeit lang und es entsteht unter ihm bei vielen Pflanzen eine horizontale Zellenschicht, welche denselben von dem Mark des jungen Zweiges trennt[1]) (bei der Tanne, Fichte, Lerche), Darauf erhebt sich der Vegetationskegel aufs neue, es bilden sich unter ihm neue Blätter und Stengelglieder, dieselben entfalten sich aber in der Regel nicht in demselben Jahre, sie überwintern vielmehr als Anlage zum neuen Trieb für das kommende Jahr unter dem Schutze der Deckblätter (Fig. 90. p. 13). — Wenn sich dagegen dieser Trieb in demselben Jahr, in welchem er angelegt wurde, entfaltet, wie solches bei der Buche und Eiche nicht selten der Fall ist, so bezeichnet man ihn als **zweiten Trieb** (Augusttrieb). Sobald die Eiche reichlich Früchte bringt, so macht sie keinen zweiten Trieb, wenn sie dagegen im Frühjahr durch Raupenfrafs entblättert wurde, so treibt sie im Juli aufs neue. Junge Fichten machen öfter einen zweiten Trieb, der bei den alten Bäumen, desgleichen bei der Tanne und der Kiefer selten oder niemals vorkommt. Die Keimpflanze der Kiefer dagegen treibt im ersten Jahre häufig zweimal. Alle Bäume, welche länger treiben, zeigen natürlich diese Erscheinung **nicht**; dieselbe beruht, wie es scheint, auf einer reichlichen Ernährung durch die Wurzel, welche mehr Blätter verlangt, um durch sie die zugeführten Säfte verarbeiten zu können.

Der sogenannte **wilde Zweig** der Bäume unterscheidet sich von dem normalen Zweige dadurch, dafs seine Endknospe in der gegebenen Wachsthumsperiode länger treibt; der wilde Zweig bildet deshalb mehr Blätter und mehr Stengelglieder als der normale, er ist überhaupt viel üppiger und schlanker, trägt aber keine Blüthen, und macht nur

---

[1]) Bei Ficus Carica, wo sich jedes Blatt einzeln entfaltet, ist das Mark der Zweige von ähnlichen horizontalen Zellenschichten durchzogen und zwar gehört zu jedem Blatte eine solche von Saft strotzende Zellenschicht. Hier zeigt sich nun die Bedeutung derselben, indem der übrige Theil des Markes bald seinen Zellsaft verliert. Diese horizontalen Zellschichten führen nämlich den Saft zum Blatte, und dasselbe gilt auch für die Knospen der vorhin genannten Bäume, wo gleichfalls das eigentliche Mark vertrocknet. Bei den verkürzten Zweigen der Lerche kann man nach der Zahl dieser horizontalen Schichten erfahren, wie oft die Knospe getrieben hat. (Meine Beiträge zur Botanik p. 205.).

selten Zweige, weil er die Nahrung für sich selbst verbraucht, und seine Achselknospen deshalb nicht zur Entfaltung kommen. Einige Lorbeerarten, so der Til (Oreodaphne foetens) und der Vinhatico (Persea indica) sind durch ihre wilden Triebe ausgezeichnet. Beim Til erscheinen dieselben meistens auf den Aesten und steigen, oftmals kerzengerade Stämme bildend, in die Höhe; bei dem Vinhatico dagegen brechen sie mehr aus dem alten Stock hervor und werden zu mächtigen Stämmen. Aehnlich verhält sich der Stock- und Wurzelausschlag unserer Waldbäume. In solchen Fällen wird ein wilder Zweig zum Stamm, der alsdann normal weiter wächst und seiner Zeit Blüthen und Früchte trägt.

Die Knospe, welche einen jungen Zweig entwickeln soll, ist von derjenigen, welche später eine Blüthe entfaltet, in ihrer ersten Anlage nicht verschieden. Bei der Bildung des Zweiges verbleibt der Vegetationskegel als solcher am Ende desselben und durch ihn kann sich der Zweig ferner fortbilden, bei der Blüthe dagegen wird der Vegetationskegel selbst, nachdem er zuvor die der Blüthe zukommenden Blätter entwickelt hat, mit verbraucht; mit der endständigen Blüthe schliefst deshalb auch das Längswachsthum des Zweiges.

Nicht alle Stammknospen verbleiben am Stamm oder Zweig, an dem sie entstanden sind. Bei manchen Pflanzen lösen sich bestimmte Knospen aus dem Verband der Mutterpflanze und bilden selbstständig ein neues Pflanzen-Individuum, so die Achselknospen von Dentaria bulbifera und Lilium bulbiferum, desgleichen die Achselknospen an den Ausläufern des Rhizoms von Epipogum Gmelini. Solche Knospen werden **Brutknospen** genannt; von ihnen wird bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung der Gewächse weiter die Rede sein. Bei anderen Pflanzen fallen wieder Zweige vertrocknet von den Aesten und sind dem Forstmann als **Absprünge** bekannt. Die Fichte zeigt in der Regel diese Erscheinung im Herbst vor einem reichen Blüthenjahr; auch der Baobab verliert alljährlich kleine Zweige in Menge.

Bei der Entfaltung der Knospe zum Stamm oder Zweig kommt nun zunächst die Ausbildungsweise der Stengelglieder in Betracht. Verlängern sich sämmtliche Stengelglieder nur wenig, so erhalten wir einen Stamm mit verkürzten Stengelgliedern, wie bei Isoetes und Cyclamen, oder einen verkürzten Zweig, z. B. den Nadelkranz von Larix (Fig. 92. *b*. p. 17). Verlängern sich dagegen nur die oberen, jüngeren Stengelglieder, so haben wir das Verhältnifs der Zwiebelgewächse, deren

unterer Theil, die eigentliche **Zwiebel**, einer Brutknospe mit sehr verkürzten Stengelgliedern, die anstatt der Laubblätter, Knospenschuppen tragen, entspricht (Fig. 93). Verlängern sich endlich sämmtliche Stengelglieder mit Ausnahme derjenigen, welche wahre Knospenschuppen tragen, so entfaltet sich die Knospe zum schlanken Stamm oder Zweig, welcher an seiner Spitze, wenn selbige keine Blüthe trägt, wieder mit einer Stammknospe, d. h. mit einem freien Vegetationskegel endigt[1]).

Fig. 93.

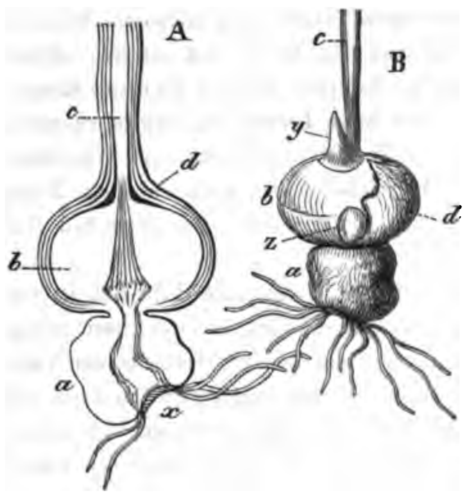


Fig. 93. Die Zwiebel von Gladiolus segetum. *A*. Im Längenschnitt. *a* der Stammtheil, welcher im vergangenen Jahre die Zwiebel bildete, *b* die Zwiebel, welche zur Zeit einen Blüthenschaft (*c*) entsendet. *d* die Blätter, welche an der Basis der Zwiebel entspringen und deren Anschwellung bedecken. *x* die Basis der alten Zwiebel, aus der die Wurzeln entspringen. *B* die Zwiebel nach Entfernung der sie umhüllenden Blätter. *y* die Achselknospe, aus der sich die Zwiebel für das kommende Jahr entwickeln wird. *z* eine andere Achselknospe, die später von der Mutterpflanze getrennt, sich selbstständig als Brutzwiebel ausbildet, aber erst nach einigen Jahren zur Blüthe kommt. *d* ein Theil des Blattes, in deren Achsel die zuletzt genannte Knospe entstanden ist.

---

[1]) Zur Literatur der Knospen: Benjamin. Interpetiolare Knospenbildung. Bot. Ztg. 1852. p. 201. — A. Braun. Die Verjüngung in der Natur. Ders. Das Individuum der Pflanze, Abhandlung der Berliner Akademie 1853. — Hartig. Adventivknospe der Lenticellen. Bot. Ztg. 1853. p. 513. — Irmisch. Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen. Leipzig 1853. Ders. Hypocotyledonische Knospen. Bot. Ztg. 1857. p. 443, desgleichen viele schöne Beobachtungen in zahlreichen Aufsätzen in der bot. Ztg. in der Flora u. s. w. — J. Muenter. Eigenthümlichkeiten in der Vermehrung durch Knospen. Bot. Ztg. 1845. — Schacht. Ueber die Fortpflanzung der deutschen Orchideen durch Knospen. (Beiträge zur Anatomie und Physiologie. p. 115—147.) Entwickelungs-Geschichte der Blatt- und Blüthenknospe einiger Nadelhölzer und deren Ausbildung zum Zweig oder zur Blüthe. (Beiträge zur Anatomie und Physiologie. p. 182 — 206). Der Baum, die Stammknospe und die Wurzelknospe. p. 79—105. — Schultz-Schultzenstein. Die Anaphytose der Pflanzen. Berlin 1843. (Bot. Ztg. 1843 p. 667.) Treviranus, Hybernacula von Potamogeton u. Hydrocharis. Bot. Ztg. 1857. p. 697. — Wydler. Die Knospenlage der Blätter in übersichtlicher Zusammenstellung. Berner Mittheilungen. November 1850. — Wigand. Der Baum. Braunschweig 1854.

Der Stamm im Allgemeinen.

§. 41. Der Stamm wächst in der Regel dem Licht entgegen, während die Wurzel in der Erde ihre Nahrung sucht. Bei manchen Pflanzen ist ein Theil des Stammes unter und der andere über der Erde, so bildet die Kartoffelstaude ihre Knollen am unterirdischen Theil ihres Stammes, während der überirdische Theil Zweige mit Blättern trägt[1]). Wenn ein Stamm, wie bei vielen Pflanzen, in der Erde bleibt und aus Seitenknospen überirdische Zweige entsendet, so wird derselbe Wurzelstock (Rhizom) genannt. Ein solcher Stamm entspricht in seinem anatomischen Baue mehr einer Wurzel als einem frei in der Luft wachsenden Stamme. Seine Blätter bleiben in der Regel unentwickelt als Blattschuppen; sie sind das sicherste Zeichen für seine Stammbedeutung, da eine wahre Wurzel, niemals Blattanlagen, geschweige denn gar Blätter, besitzt. Ein kriechender Wurzelstock ist vielen Farrnkräutern und insbesondere vielen monocotyledonen Pflanzen (Corallorhiza, Goodyera, Iris, Acorus, Convallaria, Zingiber u. s.w.) eigen; er verzweigt sich häufig gleich dem überirdischen Stamm durch Achselknospen (Fig. 94).

Fig. 94.

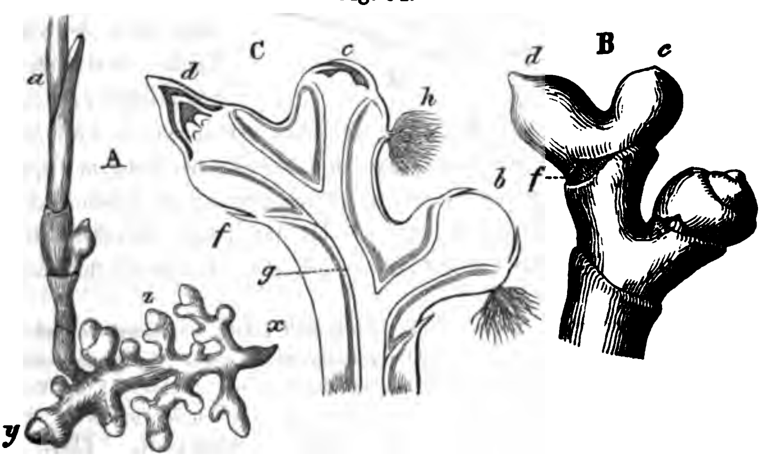


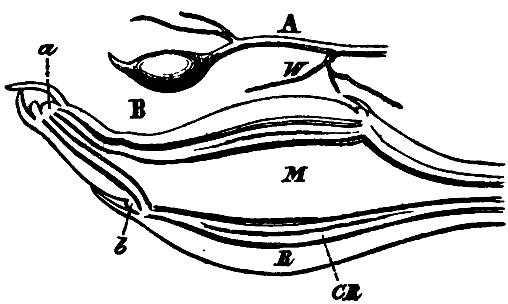
Fig. 94. Der Wurzelstock der Corallorrhiza innata. *A*. In natürlicher Grösse. *a* der Blüthenschaft, aus einer Achselknospe entstanden. *x* das Wurzelende, welches sich nicht weiter ausbildet. *y* das Stammende, welches gleich den

1) Man vergleiche meinen Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. Berlin 1856.

Wenn Zweige über der Erde oder im Wasser von einer Mutterpflanze ausgehen, und ihre Achsel- oder Endknospen sich bewurzeln und somit als neue mehr oder weniger selbstständige Pflanzen hervortreten, so werden sie Ausläufer (Stolones) genannt. Diese Art der Zweigbildung ist unserer Erdbeere (Fragraria) und dem Stratiotes aloides, desgleichen einigen rankenden Dracaenen eigen. Um die Mutterpflanze bilden sich auf solche Weise zahlreiche Tochterpflanzen, welche nur durch die genannten Ausläufer mit ihr verbunden sind und von derselben getrennt, ein durchaus selbstständiges Leben zu führen vermögen.

Die Knolle (Tuber) der Kartoffel (Solanum tuberosum) und des Topinambur (Helianthus tuberosus), desgleichen vieler anderer Pflanzen, ist ein Stammgebilde; sie entsteht am unterirdischen Zweig der Kartoffel durch Anschwellung der letzten Stengelglieder desselben (Fig. 95). Ist mit dem Dickenwachsthum der zur Knolle werdenden Stengelglieder gleichzeitig eine bedeutende Verlängerung derselben verbunden, so wird die Knolle langgestreckt, wie bei den langen Kartoffelsorten und dem Topinambur, bleiben dagegen die Stengelglieder kürzer, so gewinnt die Knolle eine mehr kugelige Gestalt; wie bei der runden Kartoffel. Die Zahl der Stengelglieder übt aufserdem noch einen grofsen Einflufs auf

Fig. 95.

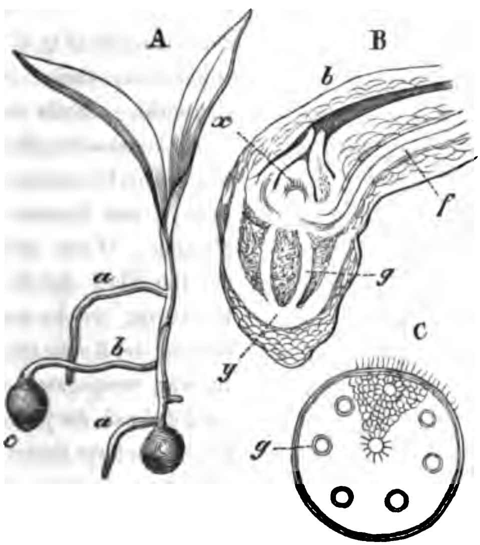


Seitentrieben *(z)* weiter treibt. *B.* Ein Seitentrieb 10fach vergröfsert. *c* und *d* durch Theilung des Vegetationspunktes entstandene Knospen. *f* Ueberrest der schuppenförmigen Blätter. *C.* Längenschnitt durch einen Seitentrieb. *b* der Vegetationskegel vor der Theilung, *c* ein solcher sich in 3 Theile theilend, *d* ein anderer, welcher bereits durch Theilung 2 Knospen gebildet hat. *f* Blatt, *g* Gefäfsbündel, *h* Wurzelhaare. (Vergröfserung 10mal).

Fig. 95. *A.* Eine ganz junge Kartoffelknolle, *W* die aus der Achsel eines schuppenartigen Blattes hervortretenden Wurzeln des unterirdischen Zweiges. *B.* Ein vergröfserter Längsdurchschnitt durch die Mitte der jungen Knolle. *a* die Endknospe der Knolle. *b* eine Achselknospe. *CR* der Verdickungsring. *M* das Mark. *R* die Rinde. (Vergröfserung 6 mal.)

die Gestalt der Knolle. Die letzten Stengelglieder sind in allen Fällen sehr verkürzt. Bei der Kartoffel liegen in den sogenannten Augen der Knolle, welche den Achselknospen entsprechen, und wie diese regelmäſsig gestellt sind, mehrere (in der Regel 3) Knospen, aus welchen sich im Frühjahr die sogenannten Keime (Triebe) entwickeln. — Aber auch die Wurzel kann knollenartige Anschwellungen bilden, z. B. bei der Dahlia, desgleichen bei Convolvulus Batatas, doch fehlen solchen Knollen natürlich, weil die Wurzel niemals Blätter erzeugt, jene Achselknospen; dagegen treibt die Knolle der Batate aus Nebenknospen reichlich junge Zweige.

Fig. 96.

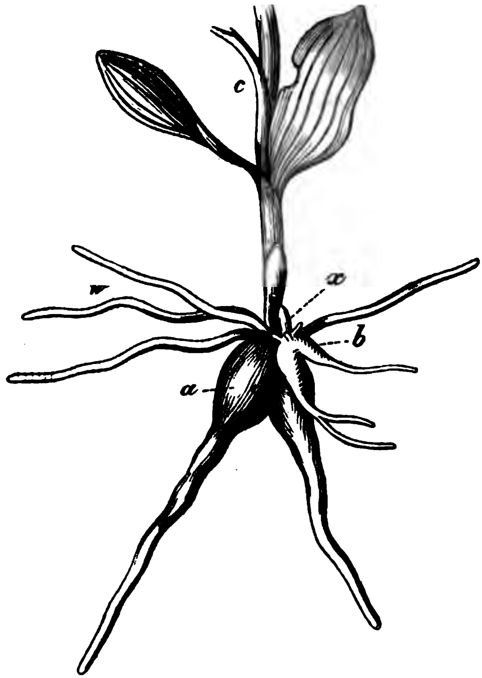


Die Knolle der Orchideen bildet sich aus einer Achselknospe, indem gleichzeitig unter derselben eine Wurzelknospe entsteht; beide bilden darauf mit einander einen kugelförmigen, eiförmigen, oder einen an seinem Wurzelende mehrfach getheilten Körper, der nach oben durch seine Stammknospe einem Stamm, nach unten dagegen einer Wurzel entspricht, und so gewissermaſsen dem Embryo dicotyledoner Pflanzen vergleichbar ist (Fig. 96). Die Orchideenknolle kann nicht als ein Wurzelgebilde allein betrachtet werden, da sie sich immer nur unter Mitwirkung der Stammknospe, aus welcher später der Blüthenschaft hervorwächst, bildet und

Fig. 96. *A*. Eine wahrscheinlich einjährige Keimpflanze von Herminium Monorchis. *a* und *a* Nebenwurzeln, *b* eine andere Nebenwurzel, welche mit der Knolle *(c)* für das kommende Jahr endigt. *B*. die Knolle *c* im Längsdurchschnitt. *x* die Achselknospe, aus der sich später der Schaft entwickelt, *y* das Wurzelende der Knolle, *b* Theil der Nebenwurzel, die bei ihrer Bildung betheiligt war, *f* das Gefäſsbündel derselben, *g* Gefäſsbündel der Knolle. *C*. Querschnitt der Knolle *c*. Die Gefäſsbündel *(g)* bilden hier einen Kreis, in dessen Mitte ein centrales Bündel liegt. (Vergröſserung 8mal.)

auch in ihrem Bau der Wurzel nicht entspricht. — Die Gestalt der Orchisknolle wird zunächst durch die Ausbildungsweise des unteren Theils derselben bedingt; theilt sich nämlich derselbe, so erhalten wir

Fig. 97.



die handförmigen Gestalten, welche der Orchis maculata und latifolia eigen sind, oder wenn die Theile wurzelartig weiter auswachsen, die Formen, welche der Habenaria (Fig. 97) zukommen; theilt sie sich nicht, so bleibt die Knolle kugel- oder eiförmig, wie bei Herminium, Ophrys und Himantoglossum. Wenn sich der Basaltheil der Nebenwurzel, welche zur Bildung der Knolle thätig war, verlängert, so wird dadurch die junge Knolle von ihrer Mutterpflanze entfernt, wie dies namentlich für Herminium (Fig. 96 *A. c*), und im geringeren Grade für die Ophrys-Arten der Fall ist. Nachdem die Mutterpflanze abgestorben, führt die junge Knolle ihr selbstständiges Leben[1]).

Die Scheinknollen tropischer Orchideen, desgleichen der Malaxis-Arten, sind dagegen nur Anschwellungen der unteren Stengelglieder eines Blüthenschaftes, sie haben nicht, wie die ächte Orchis-

Fig. 97. Knollenbildung der Habenaria viridis. *a* die alte Knolle, welche den Blüthenschaft *c* getrieben hat, *b* die junge Knolle, für das kommende Jahr bestimmt, *x* die Stammknospe derselben, *w* die Nebenwurzeln, welche immer über der Orchisknolle entspringen.

1) Man vergleiche Irmisch Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen, desgleichen meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie, Abschnitt VIII. Ueber die Fortpflanzung der Orchideen durch Knospen.

knolle ein Wurzelende, trennen sich auch nicht von der Mutterpflanze, sondern bleiben, nachdem die Blüthe verwelkt ist, noch mit ihr verbunden; vertrocknen aber allmälig, indem die jüngeren Theile derselben Mutterpflanze, wie es scheint, eine Zeit lang von ihren Säften zehren.

Mit der Orchisknolle nahe verwandt ist die **Zwiebel** (bulbus), denn auch sie entsteht aus einer Achselknospe, aber ohne Zuthun einer Wurzelanlage (Wurzelknospe); sie hat deshalb kein Wurzelende. Die Blätter, welche ihr Vegetationskegel entwickelt, werden entweder häutig oder fleischig, sie bilden die sogenannten Schuppen der Zwiebel, welche den Deckschuppen der Knospe unserer Bäume entsprechen; die Stengelglieder bleiben wie dort verkürzt und der junge, bereits ganz oder zum Theil angelegte Trieb überwintert unter dem Schutz der Schuppen. Bei der festen Zwiebel, dem Bulbus solidus, welche nur wenig Blattorgane besitzt, wird die Anschwellung durch die verkürzten Stengelglieder des Stammes hervorgerufen (Gladiolus (Fig. 93. p. 20), Crocus, Colchicum). Bei der häutigen u. schuppigen Zwiebel (Bulbus tunicatus und squamosus) dagegen entsteht sie zum gröfsten Theil od. allein durch die sehr zahlreichen häutigen oder fleischig angeschwollenen Schuppenblätter (Amaryllis Fig. 98). Die Zwie-

Fig. 98.

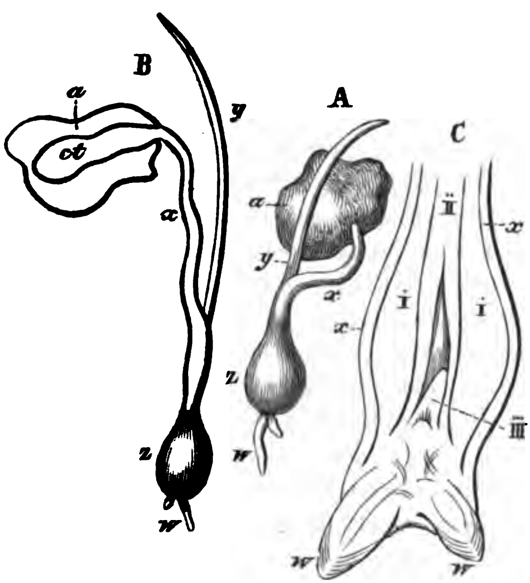


Fig. 98. Keimung der Amaryllis longifolia. *A.* Ein keimender Same. *a* der eiweishaltige Same, *x* die Verlängerung des Samenlappens, *z* die junge Zwiebel, *y* die ersten Blätter derselben, *w* Nebenwurzeln. *B* eine ähnliche Keimpflanze, wo der Same durchschnitten ist. *a* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen. *C.* Längsschnitt durch die junge Zwiebel (4 mal vergröfsert). *x* der Scheidentheil des Samenlappens. *I*, *II* und *III* die 3 ersten Blätter, welche durch ihre Anschwellung die junge Zwiebel bilden, während solche beim Gladiolus (Fig. 93.) durch die Anschwellung des Stammtheiles entstanden ist.

bel kann sich nun sowohl in der Achsel des Schuppenblattes einer Mutterzwiebel, als auch in der Achsel eines Laubblattes (Lilium bulbiferum), desgleichen in der Achsel eines Blüthendeckblattes (Furcroya gigantea) bilden. Sie bleibt eine bestimmte Zeit mit der Mutterpflanze verbunden, trennt sich aber später entweder von derselben, oder wird dadurch, dafs die Mutterzwiebel abstirbt (Gladiolus) selbstständig. Die Nebenwurzeln entspringen bei der Zwiebel immer an der Basis derselben, während sie bei der Orchisknolle aus dem Stengel, den die Knolle treibt, hervorgehen und somit über der letzteren erscheinen. Als Beispiele die Liliaceen und Melanthaceen, für welche Irmisch[1]) sehr gründliche Untersuchungen geliefert hat.

Wie bei derselben Pflanze die Ausbildungsweise der Knospe in Bezug auf die Ausdehnung der Stengelglieder verschieden sein kann, wodurch wir bei der Lerche bald schlanke Zweige und bald Nadelbüschel erhalten (Fig. 92. p. 17), welche aber beide, weil ihnen ihr Vegetationskegel verbleibt, weiter entwickelungsfähig sind, so erscheinen wiederum bei anderen Pflanzen Zweige, welche in ihrer Ausbildungsweise überhaupt von einander wesentlich abweichen. Ruscus und Phyllanthus können uns als Beispiele dienen. Beide haben schlanke, stielrunde Zweige, welche aus Achselknospen andere Zweige, von flächenartiger, blattähnlicher Gestalt entwickeln, die entweder an ihren Rändern (Ruscus androgynus und Phyllanthus epiphyllanthus) oder auf ihrer Fläche (Ruscus hypophyllum) wiederum Achselknospen erzeugen, welche zu Blüthen werden[2]). Diese flächenartigen Zweige, die ich **Flachstengel** nennen möchte, haben ihren Vegetationskegel, welcher unter sich in durchaus normaler Weise Blattanlagen, die Stützblätter für die bald nach ihnen erscheinenden Blüthenknospen, bildet und darauf abstirbt, sie sprossen deshalb nicht weiter, während die stielrunden Zweige von Phyllanthus periodisch weiter wachsen. Bei Ruscus wird dagegen die Endknospe des schlanken Zweiges endlich selbst zu einem Flachstengel und mit seiner Ausbildung ist hier auch das weitere Wachsthum des schlanken Zweiges begrenzt.

Noch andere Gewächse sind allein mit solchen Flachstengeln versehen, z. B. Opuntia und Ripsalis. Bei beiden Pflanzen sprofst ein Flachstengel aus dem anderen und zwar bei R. Swarziana in der Regel aus Nebenknospen, welche im Gewebe unter dem abgestorbenen Vege-

---

[1]) Irmisch, in den Abhandl. d. naturwissenschaftl. Vereins für Sachsen. 1856.

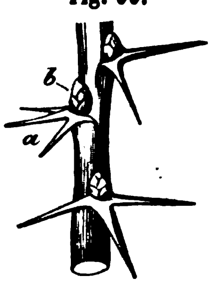
[2]) Man vergleiche meinen Beitrag zur Entwickelungs-Geschichte flächenartiger Stammorgane. Flora. 1853.

tationskegel entstehen und oft gesellig auftreten, während der Rand aus Achselknospen Blüthen entwickelt. Bei Opuntia Ficus indica dagegen entwickeln die Achselknospen sowohl neue Zweige als auch Blüthen. Der Mittelnerv eines solchen Flachstengels der Ripsalis, von dem Seitennerven zu den Achselknospen verlaufen, liefse sich als Hauptstamm desselben deuten, er ist mit einem normal gebildeten Gefäfsbündelkranz versehen, die Seitennerven würden alsdann Zweigen entsprechen, welche durch ein blattartiges Parenchym mit einander verbunden wären.

Alle Gewächse, welche Flachstengel besitzen, haben wenig entwickelte Blätter, die flächenartige Ausbreitung ihrer Zweige, deren Oberhaut an beiden Seiten mit Spaltöffnungen reichlich versehen ist (Phyllanthus, Ruscus, Ripsalis, Opuntia) ersetzt dieselben; erst in der Blüthe kommen hier die Blätter zur vollen Ausbildung. Dasselbe gilt für alle Cactus-Arten (Pereskia ausgenommen), deren oftmals wunderlich geformter Stamm nur rudimentäre Blätter aber häufig schöne Blüthen trägt, desgleichen für die sogenannten blattlosen Euphorbiaceen.

Die Ranken (Cyrrhi) und die Dornen (Spinae) sind zum Theil Zweige eigenthümlicher Art; in diesem Falle mit rudimentären Blättern versehen, stirbt ihr Vegetationskegel frühe ab. Die Ranken dienen als Haftorgane, sie schlingen sich um andere Gegenstände und sind deshalb im allgemeinen nur kletterden Pflanzen (Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia) eigen. Die Dornen (Spinae) endlich erhalten, indem ihr Vegetationskegel verholzt, eine scharfe Spitze (bei vielen Acacia- und Crataegus-Arten). Sie unterscheiden sich vom Stachel, welcher ein Gebilde der Oberhaut ist (s. Bd. 1. S. 284) durch ihre Gefäfsbündel-Verbindung mit dem Stamm oder Zweig, aus dem sie hervorgehen.

Fig. 99.



Doch nicht alle Ranken und Dornen sind Stammgebilde. Bei manchen Pflanzen endigt der Blattstiel als Ranke (Bignonia venusta, Pisum sativum), desgleichen sind die 3 Dornen, aus deren Achsel der Zweig der Stachelbeere hervorgeht (Fig. 99), Blattgebilde, sie entsprechen einem Hauptblatt mit 2 Nebenblättern und endlich kann sogar eine Nebenwurzel (bei Thrinax) sich zum Dorn ausbilden.

Fig. 99. *a* Die 3 Dornen bei der Stachelbeere (Ribes grossularia) welche aus einem Blatte und seinen beiden Nebenblättern entspringen, *b* die Achselknospe.

Die Wedel der Cycadeen und der Farrnkräuter werden von Einigen als Zweige, von anderen dagegen als zusammengesetzte Blätter gedeutet. Ich möchte sie lieber für Zweige mit begrenztem Wachsthum halten, denn dafs sie kein Stützblatt besitzen, mithin nicht aus Achselknospen entspringen, ist noch kein vollgültiger Beweis für ihre Blattnatur, weil einige Blüthenknospen, z. B. die männlichen Blüthen der Eiche und der Buche, gleichfalls eines Stützblattes entbehren. Bei Guarea trichilioides[1]) endlich, wo die sogenannten zusammengesetzten Blätter aus der Spitze ihres Blattstiels periodisch weiter sprossen, mufs ich auch solche als Zweige ansprechen, obschon sie keine Stützblätter besitzen und in ihrer Achsel eine Knospe entsteht, welche Zweige mit derartigen sogenannten zusammengesetzten Blättern bildet. Für mich sind hier nur Zweige verschiedener Art vorhanden, denn ein Pflanzentheil, welcher einen Vegetationskegel besitzt und der durch selbigen periodisch weiter wächst, kann nach meiner Definition niemals als Blatt betrachtet werden, oder wir müfsten den Unterschied von Blatt und Stamm ganz fallen lassen, weil uns alsdann kein einziges durchzuführendes Merkmal übrig bleibe. Schon die zusammengesetzten Blätter machen Schwierigkeiten, weil das Wachsthum ihres gemeinsamen Blattstieles häufig weit mehr einem Stamm als einem Blatte entspricht. Die Natur liebt einmal scharfe Grenzen nicht und doch können wir zur besseren Uebersicht einer Unterordnung nach bestimmten Begriffen nicht wohl entbehren.

Noch habe ich einer bisher nicht häufig beobachteten Vermehrungsart der Knospen zu gedenken, welcher jedoch, wie ich vermuthen darf, eine viel weitere Verbreitung zukommt; es ist die Theilung des Vegetationskegels selbst. Auf oder unter demselben erscheinen nämlich mehrere kleine Erhebungen, welche nicht zu Blättern, sondern zu neuen Knospen werden. Die Endknospen des Rhizoms von Epipogum Gmelini und Corallorhiza innata (Fig. 94. p. 21) theilen sich häufig auf diese Weise[2]); die gabelförmige Theilung des Stengels der Selaginella erfolgt, wie schon Hofmeister[3]) nachgewiesen hat, ebenfalls durch solche Theilungsknospen. Für die Wurzel habe ich denselben Vorgang bei den Luftwurzeln der Cycadeen und bei ähnlichen Wurzelanschwel-

[1]) Man vergleiche meinen Aufsatz: zur Entwickelungs-Geschichte der Blätter in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. S. 23.

[2]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. S. 122. Taf. VII.

[3]) Hofmeister, Untersuchungen der höheren Kryptogamen.

lungen der Alnus glutinosa, desgleichen bei den eigenthümlichen, einem Hirschgeweihe ähnlich verzweigten, Luftwurzeln von Laurus canariensis beobachtet. Wo mehrere Blüthen in der Achsel des Stützblattes auftreten, z. B. bei der Banane, bei Manglesia u. s. w. entstehen dieselben vielleicht ebenfalls aus Theilungsknospen.

Der Richtung nach kann man aufrechte, liegende, kletternde und hängende Stämme, mit vielen Zwischenformen, unterscheiden. Die beiden letzteren sind zunächst den Schlinggewächsen, deren schwacher Stamm sich selbst nicht hinreichend stützen kann, eigen; der Blüthenschaft der Stanhopea-Arten ist ebenfalls ein hängender Stamm. Man darf deshalb nicht sagen, dafs jeder Stamm dem Licht entgegenstrebt.

Der Hauptstamm kann als solcher unbegrenzt weiter wachsen, wie bei vielen Nadelbäumen (Abies pectinata, Picea vulgaris), welche dadurch eine bedeutende Stammhöhe erreichen, er kann aber auch frühzeitig im Wachsthum zurückbleiben und von den Seitenästen überholt werden, so dafs sich eine kuppelförmige Krone bildet, wie bei der Pinie (Pinus Pinea) und bei unseren Obstbäumen. Oftmals kommt beides mit einander vor, z. B. bei der Buche, die mit der Tanne im dichten gemischten Bestand gezogen, fast die Tracht dieses Baumes annimmt, im freien Wuchs dagegen bei geringerem Höhenwachsthum eine breitere Krone bildet. Manche Pflanzen verzweigen sich gar nicht, z. B. die meisten Palmen und die Cycadeen, sie tragen alsdann nur eine Blätterkrone und sprossen ununterbrochen oder periodisch aus der Endknospe ihres Stammes weiter; andere verzweigen sich sparsam und erst in einem gewissen Alter, z. B. der Drachenbaum (Dracaena Draco), welcher sich erst verzweigt, wenn seine Endknospe zum Blüthenstand geworden ist, so dafs man aus der Zahl der aufeinanderfolgenden Gliederäste erfahren kann, wie oft ein solcher Baum geblüht hat.

Die Stellung der Aeste am Hauptstamm, desgleichen die Stellung der Zweige an den Aesten und die Richtung derselben bedingt zunächst den Habitus der Pflanzen. Die Tanne und noch mehr die Araucaria excelsa und A. brasiliensis tragen ihre Aeste und Zweige fast wagrecht, bei der Fichte hängen selbige herab und bei der Kiefer steigen sie empor. Doch ändert der Standort der Pflanze auch hier mancherlei. So hat der Baum des dicht geschlossenen Bestandes (Pinus silvestris, Fagus silvatica) vielfach eine andere Tracht als der frei-

stehende Baum derselben Art. Die canarische Kiefer des Gebirgswaldes ist kaum mit demselben einsam stehenden Baum der Niederung zu vergleichen. Im geschlossenen Bestand streben nämlich die Aeste und Zweige, nach Licht suchend, empor, im freien Stand dagegen bleibt das Längswachsthum zurück, die Zweige aber verbreiten sich nach allen Seiten über einen viel gröfseren Raum. Es ist deshalb nicht wohl möglich die Tracht einer Pflanze für alle Fälle vorher zu bestimmen, zumal da selbige aufserdem zum Theil noch von mancherlei Zufälligkeiten des Standortes u. s. w. abhängig ist. So bildet die Mehrzahl der Bäume, die am Wasser stehen, nach der Seite des letzteren ihre Aeste und Zweige üppiger aus, dieselben werden länger und hängen in der Regel mehr herab als an der Landseite; selbst die Tanne senkt ihre Aeste und Zweige nach der Wasserseite. Am Saum eines enggeschlossenen Waldbestandes ist in gleicher Weise die freie Seite der Bäume mehr entwickelt, Aeste und Zweige steigen weniger empor als an der anderen Seite, wo sie das Licht von oben suchen müssen. u. s. w. Für die einjährigen Stammgewächse gilt dasselbe, denn auch hier ändern Standort und Ernährungsweise mancherlei, wie unsere krautartigen Culturpflanzen zur Genüge beweisen.

Die Knospe oder der Zweig, vom Mutterstamm getrennt, können, unter günstigen Verhältnissen, für sich eine neue selbstständige Pflanze (ein Pflanzen-Individuum) erzeugen (Fig. 100 und 101). Mit der Pflanze verbunden ist der Zweig dagegen nicht als Individuum, vielmehr als Theil der Gesammtpflanze zu betrachten, denn er kann ohne diese nicht leben, weil sie erst für ihn die Verbindung mit dem Boden vermittelt. Die Brutknospe und der Steckling dagegen bilden für sich Wurzeln. Die Knospe und das Pfropfreis einer edelen Pflanze auf einen minder edelen Stamm gebracht, treten dagegen zu diesem in dasselbe Verhältnifs, als dessen eigene Knospen und Zweige, sie erhalten von ihm Bodennahrung und ändern durch ihre Verbindung mit einem fremden Stamm mannichfach ihre Eigenschaften.

Fig. 100.

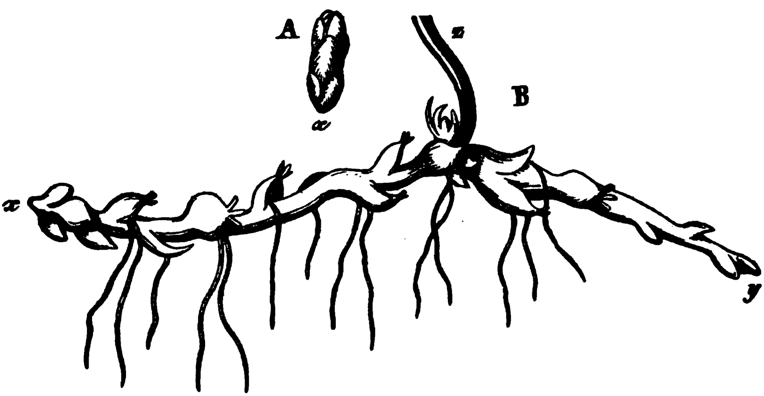


Fig. 100. Bildung einer Brutzwiebel bei Gladiolus segetum. *a* die einjährige Mutterzwiebel, *z* die Brutzwiebel, aus einer Achselknospe entstanden (man vergleiche Fig. 93 p. 20. *z*), *w* Nebenwurzeln.

Die Tangerine (Citrus nobilis), eine auf Madeira sehr geschätzte Orangenart, mit kleinen, an beiden Polen stark zusammengedrückten Früchten, bringt z. B., auf den Stamm der gemeinen Orange gepfropft, ungleich gröfsere, aber weniger aromatische Früchte, als ihr ursprünglich eigen sind. Der Begriff des Einzelwesens setzt eine Selbstständigkeit voraus, deshalb kann die Knospe und der Zweig mit der Gesammtpflanze im Verband gedacht, nicht als Individuum gedeutet werden, wohl aber kann man die Knospe für sich betrachtet, desgleichen jede Zelle für sich gedacht, ein Individuum nennen; in ihrem Zusammenhange mit der Gesammtpflanze sind sie dagegen keine Einzelwesen, sondern nur Theile des Ganzen [1]).

Alle Blätter entstehen unmittelbar unter dem Vegetationskegel des Stammes (Fig. 88. p. 9) und sie empfangen gleichzeitig mit ihrer Bildung

Fig. 101.



Gefäfsbündelzweige vom Stamme. Auch die Knospen in der Achsel dieser Blätter erhalten ihre Gefäfsbündel vom Stamm, doch nicht so unmittelbar als das Blatt, welches vor der Knospe entstanden, gewissermafsen eine directe Verlängerung des Gefäfsbündels aus dem Stamm empfängt. Zur Bildung der Achselknospe entstehen dagegen,

Fig. 101. Dentaria bulbifera. *A*. Eine Brutknospe, in der Achsel eines Blattes entstanden. *B*. Der Wurzelstock aus einer solchen Brutknospe hervorgegangen. *x* die Basis derselben (vergleiche *A*. *x*) *y* die Endknospe, *z* der überirdische Trieb, aus einer Achselknospe des Wurzelstocks entstanden.

---

[1]) Schleiden, Grungzüge Aufl. II. Bd. II. p. 4. Doch sind die Ansichten über das Pflanzen-Individuum bei den Autoren sehr verschieden. Man vergleiche hierüber. A. Braun; Das Individuum der Pflanze. Abhandl. der B. Akademie. 1853.

wie zur Bildung der Nebenknospe, vom Cambium der Gefäfsbündel des Stammes ausgehend, neue Gefäfsbündelzweige, welche ins Innere der Knospe verlaufen. Der Gefäfsbündelverlauf vom Stamm zu den Blättern ist deshalb, weil die Erzeugung neuer Blätter immer unter dem Vegetationskegel erfolgt, bei allen Stammpflanzen im Wesentlichen derselbe, es sind immer die letzten innersten Bündel des Stammes, welche zu dem jüngsten Blatte treten. Die Wachsthumsweise des Stammes selbst, desgleichen die Fortbildungsart seiner Gefäfsbündel bewirken erst die Verschiedenheiten, welche wir im Bau des Pflanzenstammes wahrnehmen und unterscheiden. Wir erhalten darnach:

1. Stämme, welche nur an ihrer Spitze fortwachsen, d. h., welche sich verlängern, ohne sich zu verdicken und deren Gefäfsbündel, weil ein Wachsthum im Umkreis fehlt, sich nicht weiter verzweigen. Solche Pflanzen hat man Endsprosser (Acramphibrya) genannt. Alle Stammkryptogamen gehören hierher. Dieselben haben entweder ein einfaches centrales Gefäfsbündel (diejenigen Laub- und Lebermoose, welche überhaupt ein solches besitzen, desgleichen Selaginella und die Rhizocarpeen), oder sie haben einen Gefäfsbündelkranz (die Equisetaceen, die Pterideen und Lycopodium). Die seitliche Verzweigung der Gefäfsbündel erfolgt hier einzig und allein zur Bildung neuer Organe, als Blätter, Zweige und Wurzeln, die einmal ausgebildeten Gefäfsbündel im Stamm verändern sich dagegen nicht; sie vermehren sich nicht durch Verzweigung, wie bei den Monocotyledonen und sie wachsen auch nicht, gleich dem Holzring der Dicotyledonen, im Umfang, denn der Stamm verdickt sich hier nicht mehr. Selbst bei Isoëtes, dessen Stamm sich allerdings verdickt, verändert sich dennoch das centrale Gefäfsbündel nicht. Durch den fortdauernd thätigen Verdickungsring wächst hier allein die nur aus Parenchym bestehende Rinde, das Gefäfsbündel aber verzweigt sich nur, wenn sich unter der Stammspitze neue Blätter und am andern Ende neue Nebenwurzeln bilden.

2. Stämme, welche nicht allein an ihrer Spitze, sondern auch, wenigstens für eine Zeit lang, in ihrem Umkreis wachsen und bei welchen, so lange die Thätigkeit des Verdickungsringes fortdauert, eine Vermehrung der geschlossenen Gefäfsbündel durch Theilung stattfindet. Hierher gehört der Stamm aller Monocotyledonen.

3. Stämme, welche an ihrer Spitze und in ihrem Umkreis wachsen und deren ungeschlossene Gefäfsbündel durch Hülfe des Verdickungsringes nachwachsen. Solchen Stämmen allein ist ein geschlos-

sener Holzring und eine secundäre Rinde eigen; hierher gehören die Mehrzahl der Dicotyledonen.

Die Unterscheidung endogener und exogener Stämme durch DESFONTAINES, welche für eine Zeit lang Geltung hatte, beruhte auf gänzlicher Unkenntnifs der Wachsthums-Verhältnisse des Stammes; man glaubte nämlich das Dickenwachsthum des monocotyledonen (endogenen) Stammes erfolge von Innen her, weil sich hier die zu den Blättern verlaufenden, geschlossenen Gefäfsbündel mit Leichtigkeit bis ins Innere des Stammes verfolgen lassen und weil die Gegenwart des Verdickungsringes hier nicht so auffällig als bei den Dicotyledonen ist, deren Stamm deshalb ein exogenes Wachsthum haben sollte. Nun verdickt sich aber, wie wir jetzt entschieden wissen, sowohl der dicotyledone, als auch der monocotyledone Stamm jederzeit im Umkreis der bereits vorhandenen Gefäfsbündel, und zwar, wie ich nachgewiesen habe, mit Hülfe des Verdickungsringes, auch lassen sich die Gefäfsbündel, welche zu den Blättern und Achselknospen abgehen, bei allen Pflanzen und nicht bei den Monocotyledonen allein, bis ins Centrum des Stammes verfolgen, weil sie unter dem Vegetationskegel aus den letzten innersten Gefäfsbündeln der Stammspitze entstanden sind, und sich erst später an ihrer Aufsenseite neue Gefäfsbündelzweige (bei den Monocotyledonen) gebildet haben, während bei den Dicotyledonen, ein äufseres Wachsthum der ungeschlossenen Gefäfsbündel den Holzring erzeugt hat. Die Unterscheidung in Stämme mit exogenem und endogenem Wachsthum ist deshalb gänzlich zu verwerfen, indem das Dickenwachsthum aller Stämme ein äufseres, demnach ein exogenes ist. Aber auch die Unterscheidung in Umsprosser (Monocotyledonen) und in Endumsprosser (Dicotyledonen) ist streng genommen nicht richtig, weil die Gefäfsbündel der Monocotyledonen nicht allein in ihrem Umkreis, sondern auch an ihrer Spitze sprossen, d. h. sich durch Theilung vermehren und deshalb eigentlich End- und Umsprosser sind. Der einzige durchgreifende Unterschied ist in der Beschaffenheit der Gefäfsbündel, welche bei den Monocotyledonen geschlossen, bei den Dicotyledonen dagegen ungeschlossen sind und in deren Fortbildungsweise zu finden; aber selbst hierin ist eine scharfe Grenze zwischen beiden Pflanzengruppen nicht zu ziehen, weil es dicotyledone Stämme giebt, welche keinen wirklich geschlossenen Holzring bilden, vielmehr in ähnlicher, aber nicht vollkommen gleicher, Weise als bei

den Monocotyledonen ihre Gefäfsbündel vermehren[1]) Die Bezeichnung kryptogamer Stämme als Endsprosser erscheint mir dagegen durchaus gerechtfertigt, als Endumsprosser dagegen würde ich sowohl die monocotyledonen als auch die dicotyledonen Gewächse bezeichnen müssen[2]).

Der Stamm der Kryptogamen.

§. 42. Bei den Kryptogamen treten uns Stamm und Blatt zuerst bei den Laub- und Lebermoosen entgegen, dagegen fehlt diesen Pflanzen die Wurzel. Bei den laubigen Lebermoosen erscheint der Stengel (Stamm) flächenartig ausgebreitet, und oftmals (z. B. bei Metzgeria) verzweigt; er verhält sich entschieden als wirklicher Stamm, indem er an seiner Spitze wächst und in den meisten Fällen, vielleicht nur mit wenigen Ausnahmen (Anthoceros), in normaler Weise, d. h. unter seinem Vegetationskegel, Blätter entwickelt (Blasia, Diplolaena, Metzgeria, Pellia, Marchantia), ja durch Fossombronia in den cylindrischen, normal beblätterten Stengel der Jungermannien übergeht.

Der Stengel der Laub- und Lebermoose besteht zum gröfsten Theil aus Parenchym, das meistens im Umkreise desselben verholzt ist, ja bisweilen die zierlichsten Poren besitzt (Cinclidium stygium). In der Regel verliert sich das verholzte Parenchym ganz allmälig in das zartwandige Parenchym der Mitte (bei Plagiochila asplenioides, Jungermannia albicans, Trichocolea Tomentella, Calypogeia Trichomanes, Frullania Tamarisci u. s. w.); man findet im Stengel der genannten Pflanzen kein centrales Bündel langgestreckter Zellen, dagegen erscheint ein solches bei Blasia, Pellia und Metzgeria, überhaupt bei denjenigen laubigen Lebermoosen, welche einen deutlichen Mittelnerv besitzen. Bei Diplolaena Lyellii, wo letzterer ebenfalls vorhanden ist, sind dessen Zellen zierlich gestreift. Einem centralen Zellenbündel ähnlicher Art begegnen wir bei einigen Laubmoosen (Cinclidium stygium, Minium Hornum, Polytrichum piliferum); schon Hedwig[3]) hat

---

[1]) Die Cycadeen, Menispermeen, Chenopodiaceen, Convolvulaceen, Nyctagineen, Piperaceen, Nymphaeaceen u. s. w. desgleichen Hydnora. Man vergleiche Bd. I, p. 350.

[2]) Man vergleiche Ungers Anatomie und Physiologie der Pflanzen p. 225-246, woselbst die verschiedenen Formen der Gefäfsbündelverzweigung im Stamme bildlich dargestellt sind.

[3]) Hedwig, Historia naturalis muscorum frondosorum p. 2. (Taf. I. Fig. 1.).

dasselbe gesehen. Ich stehe nicht an, es für das erste Auftreten des Gefäfsbündels zu erklären und habe gezeigt, dafs es vielen Gattungen der Lebermoose fehlt, dafs es aber auch bei vielen vorhanden ist (vergl. Bd. I. p. 314). Der Stengel von Sphagnum ist durch einen ziemlich breiten Ring verholzter Zellen gewissermafsen in Mark und Rinde geschieden. Der Zellenkranz, aus welchem sich dieser Holzring entwickelt, entspricht dem Cambiumring der höher organisirten Pflanzen, seine Zellen stehen mit den Blättern unmittelbar in Verbindung, sie gehen nach Innen allmälig ins Parenchym des Markes über, ein centrales Bündel langgestreckter Zellen, wie bei Cinclidium, fehlt dagegen. Die Zellen der Rinde zeigen bei Sphagnum wirkliche Löcher und spiralige Verdickungen; bei Sphagnum cymbifolium ist der Holzring besonders schön entwickelt. — Der Stengel der Laub- und Lebermoose entsendet entweder an bestimmten Stellen oder in seinem ganzen Umkreis Wurzelhaare, welche Stamm und Blätter ernähren, dagegen fehlt die eigentliche Wurzel, denn selbst die scheinbare Wurzel des Haplomitrium ist nur ein blattloser Sprofs, ihm fehlt die Wurzelhaube[1]).

Die Knospen der Laub- und Lebermoose verhalten sich genau so als die Knospen höherer Gewächse; wenn der Vegetationskegel der Terminalknospe zur Frucht wird, wie es bei der weiblichen Fructification vieler Laub- und Lebermoose (Polytrichum, Mnium, Plagiochila u. s. w.) geschieht, so ist das Wachsthum des Pflänzchens, falls es sich nicht durch Seitenknospen erhält, beendigt; wenn dagegen der Vegetationskegel der Endknospe nicht zur Bildung der Fructification beiträgt, so wächst dasselbe Stämmchen, auch ohne Seitenäste zu bilden, weiter; wir sehen deshalb aus den älteren Antheridienstämmen der Laub- und Lebermoose vielfach einen neuen Blatttrieb hervortreten (bei Polytrichum, Plagiochila asplenioides). — Der Stamm der Laub- und Lebermoose besitzt in der Regel ziemlich entwickelte Stengelglieder. Da bei vielen Laub- und Lebermoosen kein Cambiumring zugegen ist, so mufs sich die Spitze ihres Stammes auf eine andere Weise, wahrscheinlich durch die ganze Masse des Parenchyms dieser Spitze, verdicken. (Vgl. Bd. I. p. 307).

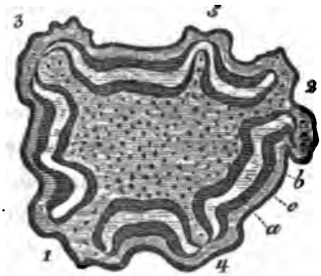
Der Stamm der Farrnkräuter ist schon ungleich höher ausgebildet; ihm fehlen die Gefäfsbündel niemals, sie sind in einen Kreis gestellt und lassen schon deshalb das Dasein eines Verdickungs-

---

1) Hofmeister, Berichte der Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaft. 1854. p. 97.

ringes vermuthen; derselbe findet sich auch wirklich unterhalb der Terminalknospe (Struthiopteris germanica). Dieser Cambiumring bleibt aber nicht, wie bei den Dicotyledonen oder wie bei Dracaena thätig, er wird vielmehr, sobald der neu entstandene Stammtheil seine normale Dicke erreicht hat, unthätig; der Stamm der Farrn verdickt sich deshalb nicht mit seinem Alter, er wächst gleich dem Stamm der übrigen Kryptogamen nur an seiner Spitze. Bei einigen baumartigen Farrnkräutern finden sich innerhalb des Hauptgefäfsbündelkreises noch kleinere zerstreute Gefäfsbündel (Fig. 102). Die Blattwedel treten ähnlich den Blättern der Phanerogamen als kleine zellige Erhebungen unter der Terminalknospe hervor, der Wedelstiel verlängert sich an seiner Spitze, und unter derselben entstehen neue Fiederblätter. Der junge Wedel ist wie eine Uhrfeder aufgerollt.

Fig. 102.

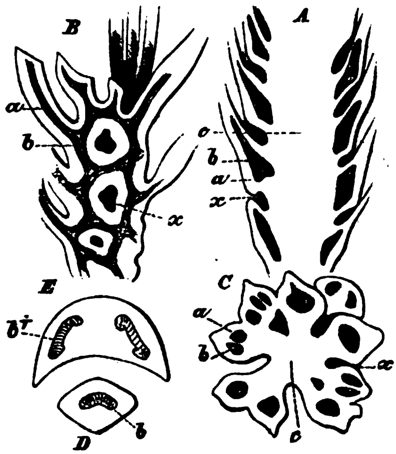


Die Stengelglieder (Internodien) der Farrnkräuter sind häufig sehr unentwickelt, der Stamm bleibt in diesem Falle nur sehr kurz und wie bei unseren einheimischen Farrn meistentheils unterhalb der Erde; wenn sich dagegen die Stammglieder mehr entwickeln und emporrichten, so erhebt er sich baumartig über die Erde (Alsophila gigantea, Trichopteris excelsa u. s. w.). Die Blattwedel werden periodisch abgeworfen, ihr Basaltheil bleibt häufig am Stamm zurück (Struthiopteris). Die Farrnkräuter (Asplenium, Aspidium, Scolopendrium) keimen mit einer Pfahlwurzel; sowohl letztere als auch der Stamm selbst bilden späterhin Seiten- oder Nebenwurzeln. Der Stamm der baumartigen Farrnkräuter entsendet aufserdem zahlreiche Luftwurzeln, welche häufig dicht verschlungen den ersteren umgeben. — Die Gefäfsbündel stehen innerhalb der ganzen Pflanze untereinander in directem Zusammenhang, sie theilen sich im Stamm und vereinigen sich wieder, Maschen bildend (Fig. 103); Zweige von ihnen verlaufen zu den Blättern. Bei Cyathea ebenina ist der ganze Stamm mit von Luftwurzeln

Fig. 102. Querschnitt eines tropischen Farrnstammes. *a* u. *b* Schichten verholzter, sehr fester Zellen, welche das Gefäfsbündel *(c)* umgeben. 1 bis 5 die Kissen oder Grundtheile der bereits abgeworfenen Wedel. 1 der höchste, jüngste Wedel, 5 der tiefste, älteste Wedel des gezeichneten Querschnitts. (Natürliche Gröfse.)

herrührenden Narben bedeckt; der untere Theil des, von mir untersuchten, abgestorbenen, Stammes war noch mit Wurzeln dicht umhüllt. Nach Entfernung der Rindenschicht erkannte ich den Ursprung der Luftwurzeln aus den äufseren, zum Blatte abgehenden Gefäfsbündelzweigen, sie traten aus denselben in gleicher Weise hervor wie überhaupt Adventivwurzeln irgend einer Art in der unmittelbaren Nähe eines Gefäfsbündels entstehen. Die Luftwurzeln des älteren Theils waren vielfach verzweigt. Die Narben der abgefallenen Wedel waren glatt, mit einem korkartigen Ueberzug bekleidet. Es scheint hiernach bei denjenigen Farrnkräutern, welche ihre Wedel glatt abwerfen, ein ähnliches Verhältnifs als am wahren Blatte vorzukommen, wo ein Gelenk, und in demselben eine Schicht, welche durch Korkbildung das Abwerfen veranlafst, vorhanden ist. Bei den Farrnkräutern scheint die Wurzelbildung vorherrschend, dagegen das Vermögen Stammknospen zu erzeugen, sehr beschränkt zu sein, Axillarknospen sind, so viel ich weifs, niemals beobachtet worden; das stammartige Wachsthum der Wedel erklärt mir diese Abweichung. Die Terminalknospe des Stammes hat hier, wie mir scheint, allein den Werth der Hauptknospe, jeder Wedel aber entsteht, wenn man ihn als Stamm deuten will, aus einer Nebenknospe.

Fig. 103.



Der Stamm der Equisetaceen zeigt auf dem Querschnitt einen einfachen Gefäfsbündelkranz, und unter der Terminalknospe einen deutlichen Cambiumring, der sich frühe verdickt und fortbildungs-

Fig. 103. Das Rhizom von Struthiopteris germanica. *A* im Längsschnitt, *a* die Rinde eines Wedels, *b* ein durchschnittenes Gefäfsbündel, *c* das Innere (Mark) des Stammes, *x* die Vertiefung (die Achselhöhle) über der Basis eines Wedels. *B* ein Stamm, dessen Rinde sorgfältig entfernt ist, so dafs das Gefäfsbündelsystem frei liegt. (Die Bezeichnung hier und in den folgenden Figuren wie oben.) *C* ein Querschnitt durch den Stamm. *D* u. *E* Querschnitte durch den Wedel, *D* an der Basis, *E* höher aufwärts genommen. (2 mal vergröfsert.)

unfähig wird, aber dennoch in der Anordnung der den Gefäfsbündelkreis umgrenzenden Zellen deutlich erkennbar ist. Im Stengel der Equisetaceen bilden sich an bestimmten Stellen durch Resorption Luftlücken; sogar innerhalb eines jeden Gefäfsbündels entsteht eine Luftlücke. — Die schuppenartigen Blätter der Equisetaceen wachsen nach Hofmeister's [1]), sowie nach meinen Untersuchungen, an ihrer Basis. Der Stamm bildet keine Achselknospen, sondern nur Adventivknospen, welche unterhalb der Blattbasis im Rindenparenchym entstehen und später das Gewebe der Blattbasis durchbrechen. Die quirlförmig gestellten Zweige eines jeden Knotens entspringen deshalb nicht in der Achsel, sondern im Gewebe des Basaltheiles der Blätter. Hofmeister's Untersuchungen bestätigen alles, was ich hierüber vor Jahren beobachtet, aber nicht veröffentlicht habe, aufs vollkommenste. Der terminale Fruchtstand der Equisetaceen setzt dem Wachsthum des Stammes ein Ziel, derselbe stirbt, so weit er über der Erde befindlich ist, ab, wird aber durch Adventivknospen, welche sich in dem unter der Erde kriechenden Rhizom entwickeln, zum grofsen Leidwesen des Landmannes, erneuert. Diese Adventivknospen ruhen nach Hofmeister oftmals sehr lange, ehe sie zur Entfaltung kommen.

Der Stengel der Rhizocarpeen hat ein centrales, einfaches, aus Cambiumzellen und einigen Spiralgefäfsen bestehendes, von einem Ring verholzter Zellen umschlossenes Gefäfsbündel, welches von einer Rinde, in der ein Kreis grofser Luftkanäle verläuft, umfafst wird (Salvinia und Pilularia); von diesem Gefäfsbündel tritt ein Zweig in jeden Wedel. Die Wedel der Rhizocarpeen besitzen eine dem Wedel der Farrnkräuter entsprechende Knospenlage, sie sind wie eine Uhrfeder aufgerollt (Pilularia), scheinen auch wie die Wedel der Farrn an ihrer Spitze zu wachsen.

Der Stengel der Lycopodiaceen besitzt entweder ein centrales Gefäfsbündelsystem, oder einen Gefäfsbündelkreis. Das centrale Gefäfsbündel von Selaginella ist von einem sehr lockeren Parenchym umgeben, es liegt gewissermafsen in einer mit Luft erfüllten, von der Rinde gebildeten Röhre; bei Isoëtes ist es dagegen von einem fortdauernd thätigen Verdickungsring, durch den sich die Rinde, aber keinesweges das Gefäfsbündel fortbildet, umgrenzt. Das centrale Gefäfsbündelsystem der Lycopodiaceen sendet Zweige in die Aeste, Blätter und Wurzeln.

[1]) Hofmeister, Keimung höherer Kryptogamen. Taf. XVIII. Fig. 3. — Taf. XIX. Fig. 14.

Bei Isoëtes kann über den directen Zusammenhang aller Gefäfsbündelzweige mit dem centralen Gefäfsbündelsysteme kein Zweifel bleiben. Der Stengel von Isoëtes[1]) besitzt wenig entwickelte Internodien, er wächst deshalb nur wenig in die Länge, breitet sich dagegen durch seinen fortdauernd thätigen Cambiumring seitlich und zwar vorzugsweise nach zwei Richtungen aus; daher die eigenthümliche Gestalt des verkürzten Stammes auf dem Querschnitt. Der Cambiumring ist hier nur nach seiner äufseren Seite thätig, er bildet fortwährend Rindenzellen, welche sich mit Stärkmehl füllen. Diese Rinde stirbt aber, während sie sich von Innen her erneuert, an der äufseren Seite wieder ab. Der Stengel von Lycopodium und Selaginella verdickt sich für eine Zeit lang unter seiner Spitze, aber späterhin nicht mehr; beide besitzen entwickelte Internodien, und ihr Stamm verlängert sich deshalb bedeutend. Der Stamm von Selaginella theilt sich oftmals gabelförmig, indem, wie Hofmeister[2]) nachgewiesen, nebeneinander durch Theilung zwei Terminalknospen entstehen, was ich für Selaginella brasiliensis und stolonifera bestätigen kann.

Ueber den Bau der Charen, welche anatomisch und physiologisch den Uebergang von den Algen zu den Moosen vermitteln, haben wir durch A. Braun neuerlich viel Schönes erfahren[3]). — Den Charen fehlt, wie den Algen, jegliche Spur eines Gefäfsbündels. Die Gattung Nitella besteht aus grofsen Zellen, deren jede gewissermafsen ein Stengelglied bildet, bei der Gattung Chara dagegen wird diese grofse Zelle von einer Schicht kleinerer Zellen rindenartig bekleidet. Die Fortbildung des Charenstengels erfolgt unter seiner Spitze, man kann ihn deshalb, noch mehr aber den vielfach verzweigten Stengel der Corallina, welcher nur an seiner Spitze neue aus verkalkten Zellen bestehende Glieder bildet, als Stamm betrachten. Der Stamm der Corallina würde darnach einem Stamm entsprechen, welcher blattlose Internodien besitzt. Die Glieder sind durch nicht verkalkte Gelenke verbunden.

Der Stamm aller Kryptogamen, Isoëtes ausgenommen, verdickt sich nur eine Zeit lang, er wächst später nur an seiner Spitze;

---

[1]) v. Mohl, vermischte Schriften Taf. V. Hofmeister, Beitrag zur Kenntnifs der Gefäfs-Kryptogamen. Bericht der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1852.

[2]) W. Hofmeister, die Keimung u. s. w. höherer Kryptogamen p. 116.

[3]) Bericht der Berliner Akademie 1852.

v. Mohl [1]) bezeichnet deshalb das kryptogame Wachsthum als vegetatio terminalis.

Der Stamm der Monocotyledonen.

§. 43. Der Stamm der Monocotyledonen verdickt sich nur in seltenen Fällen längere Zeit (bei Dracaena, Pandanus, Yucca und bei vielen Palmen), im Allgemeinen wächst er nur an seiner Spitze weiter. Da er sich vielfach nicht verzweigt und seine Terminalknospe häufig zur Blüthe wird, so hat der Hauptstamm oftmals nur eine sehr beschränkte Lebensdauer, dagegen bilden sich häufig Axillar- und Adventivknospen, welche die Pflanze erhalten (bei vielen Zwiebelgewächsen, bei den Orchideen u. s. w.) Die Blätter sind meistens an ihrer Basis stengelumfassend, sie folgen einander in einer bestimmten Stellung. Wenn die Internodien (die Stammtheile zwischen zwei auf einander folgenden Blättern) sehr unentwikkelt sind, so stehen die Blätter dicht über einander, der Stamm bleibt alsdann kurz und kann so, nach der einen oder anderen Weise (p. 25), eine Zwiebel bilden. Die Zwiebelgewächse aber geben ein schönes Beispiel sowohl für den Stamm mit verkürzten, als auch mit verlängerten Internodien; in der Zwiebel sehen wir den ersteren (Fig. 104);

Fig. 104.

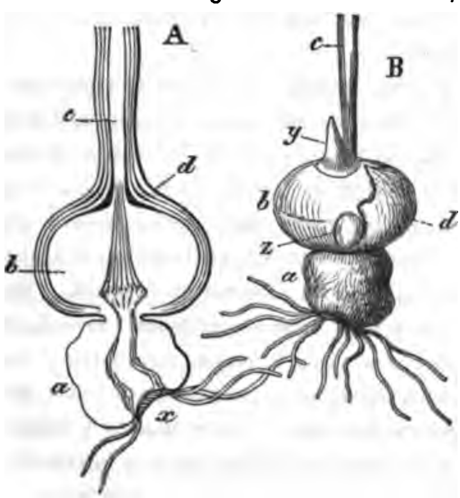
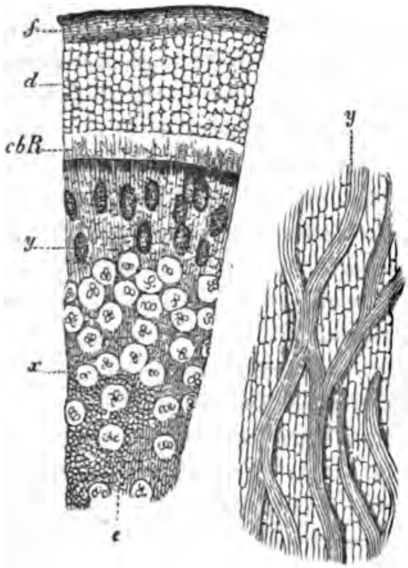


Fig. 104. Die Zwiebel von Gladiolus segetum. *A*. Im Längenschnitt. *a* der Stammtheil, welcher im vergangenen Jahre die Zwiebel bildete, *b* die Zwiebel, welche zur Zeit einen Blüthenschaft (*c*) entsendet. *d* die Blätter,

[1]) v. Mohl, vermischte Schriften p. 118. Zur Literatur des kryptogamen Stammes: v. Mohl, über den Bau des Stammes der Baumfarrn und über den Bau des Stammes der Isoëtes. Vermischte Schriften p. 108 u. 122. — C. Cramer, über Lycopodium Selago und über Equisetum arvense und E. silvaticum. Pflanzenphysiologische Wahrnehmungen von Cramer und Nägeli. Heft 3. 1855. — W. Hofmeister, Vorl. Untersuchungen der Keimung, Entwickelung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Abh. der sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1852.

der Blüthenschaft, welcher der Terminalknospe entsprofst, erhebt sich dagegen als Stamm mit verlängerten Stengelgliedern. Der Stamm der meisten Palmen, der Dracaena u. s. w. besitzt mehr oder weniger entwickelte Internodien.

Fig. 105.



Der Stamm sämmtlicher Monocotyledonen zeigt, auf dem Querschnitt, zerstreute Gefäfsbündel, d. h. Gefäfsbündel, welche niemals zu einem vollständig geschlossenen, nur von den Markstrahlen regelmäfsig durchbrochenen, Holzring vereinigt sind, sondern als mehr oder weniger unregelmäfsig gestellte, von Parenchym rings umgebene Gruppen auftreten (Fig. 105). — Der Stamm aller Monocotyledonen zeigt zwar auf dem Querschnitt dicht unterhalb der Endknospe einen Verdickungsring, derselbe wird aber, mit Ausnahme von Dracaena, Pandanus, Yucca und einigen Palmen, schon frühe unthätig. Je nachdem nun der Cambiumring unterhalb der Terminalknospe längere oder kürzere Zeit thätig bleibt, erreicht der Stammtheil einen gröfseren oder einen geringeren Umfang. Der Stamm einiger Palmen ist deshalb an seiner Basis ungleich stärker als in den später entstandenen Theilen (Caryota urens), während umgekehrt der Stamm anderer wieder

welche an der Basis der Zwiebel entspringen und deren Anschwellung bedecken. *x* die Basis der alten Zwiebel, aus der die Wurzeln entspringen. *B* die Zwiebel nach Entfernung der sie umhüllenden Blätter. *y* die Achselknospe, aus der sich die Zwiebel für das kommende Jahr entwickeln wird. *z* eine andere Achselknospe, die später, von der Mutterpflanze getrennt, sich selbstständig als Brutzwiebel ausbildet, aber erst nach einigen Jahren zur Blüthe kommt. *d* ein Theil des Blattes, in deren Achsel die zuletzt genannte Knospe entstanden ist.

Fig. 105. Quer- und Tangential-Längsschnitt durch den Stamm von Dracaena; *f* die Korkschicht, *d* Rindenparenchym, *cbR* Cambiumring, *y* Gefäfsbündel, welche entstanden sind, nachdem das Längswachsthum des Stammes aufgehört hatte, *x* früher entstandene Gefäfsbündel. (20mal vergröfsert.)

oben stärker als unten ist. In der Regel bleibt bei den Palmen mit verkürzten Internodien der Cambiumring länger thätig; ihr Stamm wird kurz und dick. Man erkennt den verholzten Cambiumring in jedem älteren Stamme, sowohl durch die Anordnung seiner Zellen, als auch durch die Stellung der zerstreuten Gefäſsbündel. Im Rhizom, sowie in der Wurzel, giebt sich der Verdickungsring durch die Anordnung seiner oftmals sehr zierlich verdickten Zellen besonders deutlich zu erkennen (Smilax syphilitica, Iris chinensis, Phönix dactylifera, Cephalanthera, Dracaena). Den auſserhalb des Verdickungsringes befindlichen Theil des Stammes nenne ich auch bei den Monocotyledonen Rinde, den innerhalb desselben ursprünglich vorhandenen bezeichne ich als Mark. Innerhalb des Cambiumringes verlaufen die zerstreuten Gefäſsbündel, welche unter der Stammknospe (Plumula) der Keimpflanze entspringen und die mit den Gefäſsbündeln der Wurzeln in directer Verbindung stehen, nach aufwärts [1]). Wenn die Spitze des Stammes fortwächst, so verlängert sich auch mit ihr die Spitze sämmtlicher Gefäſsbündel. Unter dieser jugendlichen Spitze, sowie im thätigen Cambiumring, verzweigen sich nun die Gefäſsbündel, deren Zahl sich im Stamm bei seinem Höhenwachsthum noch viel bedeutender vermehren würde, wenn nicht mit der Bildung jedes neuen Blattes unterhalb der Terminalknospe eine bestimmte Anzahl der Gefäſsbündel des Stammes in dasselbe hinüberträte. Da nun die Theilung der Gefäſsbündel unter der Endknospe, innerhalb oder wenigstens in der Nähe des noch nicht verholzten Cambiumringes erfolgt, nicht aber im eigentlichen Mark des Stammes stattfindet, so liegen die jüngsten, durch Theilung entstandenen, Gefäſsbündelzweige immer näher dem Cambiumring und es entsteht der Bogen, welchen die Gefäſsbündel der Monocotyledonen, vom Cambiumringe ausgehend, nach der Mitte und zurück zum Cambiumring und durch denselben beschreiben, um ins Blatt zu treten; wie dies ein durch Fäulniſs macerirter Ast des Drachenbaums so deutlich zeigt.

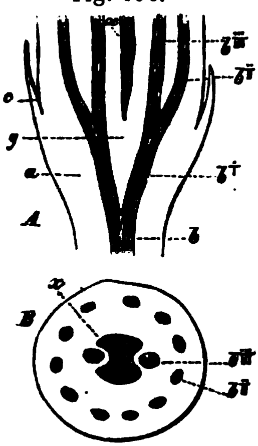
In keinem Theil des Stammes der Monocotyledonen entstehen unabhängig neue Gefäſsbündel, die letzteren vermehren sich überall nur durch Theilung (Verzweigung), sie stehen deshalb durch die ganze Pflanze mit einander in unmittelbarer Verbindung. Epipogum

---

[1]) Von einem wirklichen Verlauf der Gefäſsbündel kann hier, wie überall, nicht die Rede sein, weil das Gefäſsbündel nicht unabhängig wächst, sich vielmehr mit dem Theil, in welchem es liegt, fortentwickelt.

Gmelini (Fig. 106) liefert hierfür den vollständigsten Beweis und die Keimungsgeschichten der Palmen und Gramineen, sowie der Gefäfsbündelverlauf im Stamm von Dracaena bestätigen diese Thatsache.

Fig. 106.



Die Rinde der Monocotyledonen besteht in der Regel aus Parenchym, das bisweilen hie und da, oft regelmäfsig, einen Kreis bildend, oder in Gruppen geordnet, verholzt ist; nach Aufsen bildet sich bei perennirenden Pflanzen, wenn die Epidermis abstirbt, häufig eine Korkschicht (bei vielen Palmen und besonders schön bei Dracaena); bei anderen Palmen und den Gramineen umschliefst eine glasharte, an Silicaten reiche, Epidermis die Rinde. — Bei einigen Aroideen (Caladium) und bei den Palmen (Phönix, Chamaedorea, Sabal, Rhaphis) finden sich, innerhalb der Rinde, und zwar ziemlich regelmäfsige Kreise bildend, zerstreute Bastbündel, die nur selten in ihrer Mitte Spuren eines Cambiums (vasa propria) besitzen; diese Bastbündel verdanken bei Chamaedorea den Gefäfsbündeln der Nebenwurzeln ihren Ursprung, sie treten sogleich in die Rinde und verlaufen in ihr, fast durchaus gerade, von unten nach oben, vermehren sich auch durch Theilung und vereinigen sich, wenngleich seltener, zum Theil wieder an ihrer Spitze; dieselben treten später mit den Hauptbündeln, welche aus der Mitte des Stammes kommen, in die Blätter hinüber. Der Rinde von Dracaena fehlen diese Bündel. Die Rinde der Monocotyledonen ist überall durch die einfachere Anordnung ihrer Theile und durch das Fehlen der Markstrahlen von der dicotyledonen Rinde zu unterscheiden, denn ihr mangelt die secundäre Rinde, und die Bastbündel, welche bei einigen Monocotyledonen in derselben vorkommen, haben, wie wir gesehen, einen ganz anderen Ursprung als bei den Dicotyledonen. Im genannten Falle kann man ein inneres und ein peripherisches Gefäfsbündelsystem annehmen,

Fig. 106. *A* Längsschnitt, *B* Querschnitt durch den Blüthenschaft von Epipogum Gmelini. *a* die Rinde, b—b^{III} die Gefäfsbündel von der ersten bis zur zweiten Theilung, *c* ein schuppenförmiges Blatt, *z* das Innere des Schaftes, in welchem bereits durch Vertrocknen des Gewebes ein lufterfüllter Hohlraum *(x)* entstanden ist. (3mal vergröfsert.)

beide aber stehen mit einander durch die Wurzel in unmittelbarer Verbindung. Bei Dracaena verholzt der Cambiumring niemals; der Stamm selbst verdickt sich deshalb, so lange er lebt, er bildet, gleich dem Stamm der Dicotyledonen, fortwährend neues Holz, aber, nur in sehr beschränktem Grade, neue Rinde. Die Gefäfsbündel besitzen auch hier durchaus den Charakter der Monocotyledonen, jedes Bündel hat nämlich sein centrales Cambium. Der Verlauf und die Theilung der Gefäfsbündel entspricht in den jüngsten Theilen des Stammes durchaus den Palmen (Bd. I. p. 326), das Parenchym, welches sie trennt, verholzt hier nur wenig. Die Gefäfsbündel des Inneren älterer Stämme, welche diesem zuerst entstandenen Theile entsprechen, besitzen deshalb einen nur schwach entwickelten Holzkörper, dem eigentliche (getüpfelte) Holzzellen fehlen. Mit dem Aufhören des Längswachsthums eines Zweiges ändert sich aber die Anordnung und die Beschaffenheit der Gefäfsbündel und des sie trennenden Parenchyms; dasselbe verholzt jetzt stärker und die Gefäfsbündel, regelmäfsiger geordnet, bilden von nun an sehr entwickelte, getüpfelte, Holzzellen, dagegen sind sämmtliche Treppengefäfse, welche bis dahin vorkamen, nunmehr verschwunden. Dieser später entstandene Theil bildet sogar einen ziemlich festen, die innere Partie (das Mark) umschliefsenden, Holzring. Die Stellung der Gefäfsbündel zu einander und die Lage des sie trennenden Parenchyms erinnert jetzt täuschend an die Markstrahlen der Dicotyledonen, ein tangentialer Längsschnitt durch diesen Theil zeigt überdies den geschlungenen Verlauf seiner Gefäfsbündel, die, bald sich unregelmäfsig an einander legend, bald sich wieder trennend, genau dasselbe Bild gewähren, welches der tangentiale Längsschnitt eines dicotyledonen Stammes mit kurzen, breiten Markstrahlen, z. B. das Holz von Acacia, Spartium u. s. w. darstellt. Wir haben hier demnach im Stamm der Dracaena den directen Uebergang zur Holzbildung der Dicotyledonen und lernen bei ihr die wahre Bedeutung des Cambiumringes für die Verdickung des Stammes erkennen. Der Stamm der Dracaena besitzt nämlich ein ächt monocotyledones Holz mit zerstreuten und geschlossenen Gefäfsbündeln, er verdickt aber dennoch fortwährend seinen Stamm; das geschlossene, d. h. nicht als Ganzes in dicotyledoner Weise nachwachsende, Gefäfsbündel ist demnach nicht Schuld daran, dafs sich der Stamm anderer Monocotyledonen nicht verdickt; denn die fortdauernde Thätigkeit des Verdickungsringes allein ist die Ursache der Verdickung. Während derselbe nämlich bei den Mono-

cotyledonen im Allgemeinen bald verholzt, begünstigt er, fortbildungsfähig bleibend, bei Dracaena, bei Pandanus, Yucca u. s. w. die Vermehrung der Gefäſsbündel durch Theilung im Umkreis des Stammes, welche sonst nur unterhalb der Endknospe und an der Wurzelspitze, überhaupt da, wo ein in der Fortbildung begriffenes Gewebe vorhanden ist, stattfindet. Die Gefäſsbündel der Dracaena verzweigen sich im Umkreis des Stammes durch den Cambiumring in doppelter, in radialer und in tangentialer, Richtung; je regelmäſsiger nun diese Theilung erfolgt, um so regelmäſsiger muſs auch die Stellung der getrennten Gefäſsbündel auf dem Querschnitt erscheinen, woraus sich das verschiedene Verhalten des von mir frisch untersuchten Stammes nach seinem Alter erklärt. — Die Gefäſsbündel der Dracaena bilden auf dem tangentialen Längsschnitt, sich bald berührend und bald wieder von einander gehend, Schlingen, zwischen welchen Parenchym befindlich ist; die Holzbündel unserer Dicotyledonen bilden ebenfalls, wenn auch weniger in die Augen fallend, ähnliche Schlingen, zwischen welchen die Markstrahlen verlaufen. Die Schlingen der Gefäſsbündel von Dracaena entstehen durch Theilung und Wiedervereinigung derselben; die secundairen Markstrahlen des dicotyledonen Holzes verdanken der Theilung und Wiedervereinung der Holzbündel gleichfalls ihren Ursprung. — Jedes Gefäſsbündel von Dracaena enthält ein centrales Cambium, dasselbe dient aber nicht gleich dem Cambium des Cambiumringes weiter der Zellenvermehrung, es bleibt vielmehr wie es ist, schwach verdickt und unverholzt, mit klarem Saft erfüllt, es bildet auch keine assimilirte Stoffe, ist dagegen reich an Protein-Verbindungen (Zucker und Schwefelsäure färben dasselbe rosenroth), es dient sicherlich dem Saftstrom, der im Gefäſsbündel aufwärts steigt, und, wie v. Mohl glaubt, in einem andern Theil desselben abwärts geht. Wir finden hier eine wenigstens wahrscheinliche Erklärung für die Bedeutung der monocotyledonen Gefäſsbündel, welche durch Unger's Versuch mit dem Saft der Phytolacca decandra kräftig unterstützt wird. Unger begoſs nämlich eine weiſs-blühende Hyacinthenpflanze mehrere Tage mit dem genannten rothen Saft und sah denselben allgemach bis zur Blüthe hinaufsteigen. Nicht die Gefäſse, sondern das Cambium, welches sie umgab, waren von diesem Saft

---

[1]) Bei Dracaena Draco, deren Stämme ich auf Madeira und Tenerife fleiſsig studirte, finde ich ganz dieselben hier für Dracaena reflexa beschriebenen anatomischen Verhältnisse. Das Holz ist weich und leicht, der alte Stamm wird darum oftmals, wie beim Riesenbaum von Orotava, hohl.

erfüllt. Wir lernen überdies durch die Dracaena die doppelte Bedeutung des dicotyledonen Cambiums; dasselbe ist nämlich Bildungsschicht und Weg des Saftstromes zugleich, während es im ausgebildeten Gefäfsbündel der Monocotyledonen nur dem letzteren Zwecke dient. Fraglich bleibt es freilich hier, ob nicht die inneren Schichten des dicotyledonen Cambium vielleicht ausschliefslich der Zellenvermehrung, das neu entstandene Holz und die neue Rinde aber vorzugsweise dem Saftstrom dienen, fraglich bleibt ferner, ob nicht der Cambiumring der Dracaena ebenfalls, wenngleich in etwas anderer Weise, beide Zwecke erfüllt. In den Cambiumring der Dracaena treten die Gefäfsbündel hinein, er begünstigt ihr Wachsthum; er kann aber aus sich selbst keine neue Gefäfsbündel erzeugen. Der Verdickungsring der Dicotyledonen und das Cambium ihrer Gefäfsbündel dagegen fallen zusammen; deshalb bildet sich auch, während der Cambiumring als solcher fortwächst, nach der einen Seite der Holztheil, und nach der anderen der Basttheil des Gefäfsbündels weiter. Das Gefäfsbündel selbst wächst hier durch ihn in radialer Richtung, während dasselbe bei Dracaena und bei allen Monocotyledonen durch Hülfe des Verdickungsringes in radialer Richtung neue äufsere Zweige bildet. Die seitliche Zweigbildung, durch welche bei den Dicotyledonen die secundären Markstrahlen entstehen, ist aufserdem auch noch den Monocotyledonen eigen, denn ihre geschlossenen und dadurch in ihrer Selbstfortbildung beschränkten Gefäfsbündel verzweigen sich nach zwei Richtungen, während das ungeschlossene Gefäfsbündel dicotyledoner Pflanzen normal nur seitlich Zweige bildet.

Der Stamm der Monocotyledonen hat, weil seine geschlossenen Gefäfsbündel nicht wie bei den Dicotyledonen in der Richtung des Radius nachwachsen, auch keinen von secundären Markstrahlen durchsetzten Holzring, und seine Rinde ist deshalb durchaus anders gebaut, indem in ihr niemals, wie bei den Dicotyledonen, die äufseren Theile (der Bast u. s. w.) der Gefäfsbündel liegen. Auch das Mark der Monocotyledonen unterscheidet sich wesentlich von dem der Dicotyledonen, denn es ist nicht, wie bei den letzteren, von einer sogenannten Markscheide, dem Anfang der zum geschlossenen Holzringe vereinigten Gefäfsbündel, scharf umgrenzt, sondern die Gefäfsbündel liegen in ihm unordentlich zerstreut. Bei den Cycadeen ist zwar ein geschlossener Holzring vorhanden, aber dennoch erscheinen zerstreute kleinere Gefäfsbündel im Inneren des Markes; die Cycadeen bilden somit auch

anatomisch den natürlichen Uebergang von den Monocotyledonen zu den Dicotyledonen. Leider fehlt mir die Entwickelungsgeschichte ihres Stammes, um den Ursprung der im Inneren des Markes zerstreuten Gefäfsbündel nachweisen zu können. Da selbige jedoch sicher dem jüngsten Theil des Stammes angehören, so ist es sehr wahrscheinlich, dafs ihre Bildung in die Zeitperiode, wo sich der Stamm noch verlängert, fällt, und dafs der Holzring erst entsteht, wenn die Verlängerung aufhört, wie dies bei den Dracaenen wirklich der Fall ist. (Vergl. p. 44.)

Der Stamm vieler Monocotyledonen, insbesondere der Gräser, wird zwischen den Gelenken durch Austrocknen des saftigen Gewebes hohl; er wird dann von manchen Schriftstellern Halm (Culmus) genannt. Der Stamm des Zuckerrohrs dagegen wird niemals hohl, die zerstreuten Gefäfsbündel desselben durchlaufen in gerader Richtung und ohne sich zu theilen seine Stengelglieder, in den Knoten aber theilen und durchkreuzen sie sich vielfach, um theilweise in das Blatt hinüber zu treten. Eine ähnliche Durchkreuzung erfolgt auch bei den Monocotyledonen mit hohlem Stamme in jedem Knoten, und selbst für dicotyledone Gewächse mit hohlem Stamme, als Carica Papaya, Poinsettia pulcherrima und Kleinia nereifolia scheint dasselbe zu gelten, denn auch bei ihnen ist das hohle Mark durch Scheidewände in so viel Kammern zertheilt als Blätter abgehen.

Die Knospe der Monocotyledonen ist entweder Endknospe oder Achselknospe; die letztere entwickelt sich bisweilen gar nicht oder sie verkümmert häufig. Die Bildung wirklicher Nebenknospen am Verdickungsring des Stammes ist mir dagegen für monocotyledone Pflanzen nicht bekannt.

Bei Dracaena Draco bleibt die Knospe in der Achsel aller Blätter rudimentär, verkümmert aber nicht, entwickelt sich vielmehr unter Umständen erst nach vielen Jahren und verzweigt alsdann den Stamm. Die Knospe der Monocotyledonen hat, da ihre jungen Blätter meistens stengelumfassend sind, sowohl auf dem Quer- als auch auf dem Längsschnitt einen von der dicotyledonen Knospe abweichenden Bau. Wenn die Blätter mit einander alterniren und in ihrer Achsel eine Knospe erscheint, so liegt dieselbe in der Mitte des Blattes (so bei Saccharum). Ein glücklich geführter Längsschnitt durch die Stammspitze trifft natürlich das stengelumfassende Blatt an zwei sich gegenüber liegenden Seiten, von der nur die eine, welche der Mittellinie des Blattes ent-

spricht, eine Achselknospe besitzt (bei Saccharum, Dracaena und bei Goodyera.) Dasselbe gilt aber auch für jede Stammspitze mit stengelumfassenden Blättern, wo ebenfalls das Blatt **zweimal** durchschnitten wird, während dasselbe bei Pflanzen mit halbstengelumfassenden Blättern nur **einmal** durchschnitten wird und daher, wenn jedes Blatt eine Knospe entwickelt, nicht wie dort an jeder Seite zwischen einem fertilen ein steriler Blatttheil erscheint.

Bei den Monocotyledonen ist ein Wurzelstock (Rhizoma) sehr verbreitet; viele Gräser, Irideen, Liliaceen und Orchideen werden durch ihn perennirend, auch die Banane pflanzt sich, wie jene, durch Achselknospen des Rhizomes fort. Eine höchst eigenthümliche Art des letzteren finden wir bei Epipogum und bei Corallorhiza (F.94 p. 21), wo er den Dienst der fehlenden Wurzel versieht. Der Wurzelstock beider Pflanzen wächst wie jeder Stamm nur an seiner Spitze weiter; er bildet unter seinem Vegetationskegel Blattanlagen, welche schuppenartig bleiben und in deren Achseln Knospen, die entweder das Rhizom verzweigen, oder sich als Blüthenschäfte ausbilden. Der nicht fortwachsende Theil des Wurzelstockes *(x)* entspricht dem Wurzelende der Orchisknolle. Die Knospen dieser Rhizome vermehren sich aufserdem noch durch Theilung ihres Vegetationskegels. Epipogum bildet ferner durch sie lange Ausläufer, deren Achselknospen später frei werden und als Brutknospen eine neue Pflanze erzeugen können. Am Rhizom der Cephalanthera- und der Epipactis-Arten wird dagegen eine der untersten in der Erde liegenden Achselknospen des letzten Blüthenschaftes zum Blüthenschaft des folgenden Jahres [1]. — Die von mir untersuchten Rhizome entsprechen im Bau der Wurzel, denn die Gefäfsbündel sind nicht, wie im Stamm, durch Parenchym scharf getrennt, nur das Cambium jedes der hier vereinigten Gefäfsbündel ist gesondert. Im Rhizom von Epipogum ist gar nur ein aus cambiumartigen Zellen bestehendes **centrales** Gefäfsbündel vorhanden, und die Gefäfse bilden sich erst, sobald sich eine Knospe als Blüthenschaft erhebt. Aus dem kreisförmigen Auftreten der nunmehr höher entwickelten Gefäfsbündel im Blüthenschaft darf man jedoch rückwärts auf den verschiedenen Werth der Theile schliefsen, wonach das scheinbar einfache centrale Gefäfsbündel im Rhizom des

---

[1]) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse VIII. Ueber die Fortpflanzung der deutschen Orchideen durch Knospen, desgleichen Irmisch, Beiträge zur Biologie der Orchideen.

Epipogum dennoch dem Gefäfsbündelring im Rhizom der Corallorhiza und anderer Orchideen entsprechen würde, und dieser wieder als eine weniger entwickelte Modification der Gefäfsbündel-Anordnung im überirdischen Stamm, wo die zerstreuten Bündel scharf getrennt sind, zu betrachten wäre[1]).

Der Stamm der Dicotyledonen.

§. 44. Der Stamm der Dicotyledonen verdickt sich während der ganzen Lebensdauer der Pflanze, weil hier der Cambiumring, solange dieselbe überhaupt fortwächst, thätig bleibt.

Stamm und Wurzel der Dicotyledonen sind bei normalem Wachsthum der Gefäfsbündel mit einem Gefäfsbündelkreis versehen, welcher ein centrales Mark umschliefst. Dieser Gefäfsbündelkreis ist wieder strahlenartig von primären Markstrahlen, welche die einzelnen primären Bündel trennen und von secundären Markstrahlen, welche durch Theilung dieser Bündel selbst entstanden sind, versehen. Der Cambiumring trennt hier aufserdem den inneren Theil, den Holztheil, der nicht geschlossenen Gefäfsbündel als Holzring von dem äufseren Theil, dem Basttheil, derselben, welcher von denselben Markstrahlen durchsetzt die secundäre Rinde bildet; beide Theile wachsen durch ihn in derselben Weise weiter. Das dicotyledone Gefäfsbündel theilt sich deshalb im normalen Falle nicht wie das monocotyledone Bündel an seiner äufseren Seite, es bleibt vielmehr in dieser Richtung ein Ganzes, zerspaltet sich aber seitlich und zwar strahlenartig, wodurch die secundären Markstrahlen entstehen und jedes primäre Bündel auf dem Querschnitt die Gestalt zweier gleichschenklicher Dreiecke erhält, welche mit ihrer Basis gegeneinander im Verdickungsringe liegen, während die Spitze des inneren Dreiecks das Mark und die Spitze des äufseren Dreiecks die primäre Rinde berührt. Wenn der äufsere Theil des Gefäfsbündels, was selten der Fall ist, mit dem

---

1) Zur Literatur des monocotyledonen Stammes:
H. v. Mohl, über den Bau des Palmenstammes und über den Mittelstock von Tamus Elephantipes. Vermischte Schriften p. 129 u. p. 186. — Irmisch, Morphologische Mittheilungen über die Verzweigung einiger Monocotyledonen. Bot. Zeitung. 1855. Ders. Beiträge zur Biologie und Morphologie der Orchideen. Leipzig. 1853.
H. Karsten. Die Vegetationsorgane der Palmen. Abhandlung der Berliner Academie. 1847.
H. Schacht. Ueber die Fortpflanzung der deutschen Orchideen durch Knospen. Beiträge zur Anatomie und Physiologie p. 115.

inneren in gleichem Grade fortwächst, so sind beide Dreiecke einander gleich. Junge Zweige von Tilia (Fig. 106) und noch besser von Cissus verrucosa (Fig. 107) geben vortreffliche Beispiele; bei älteren Zweigen

Fig. 106.

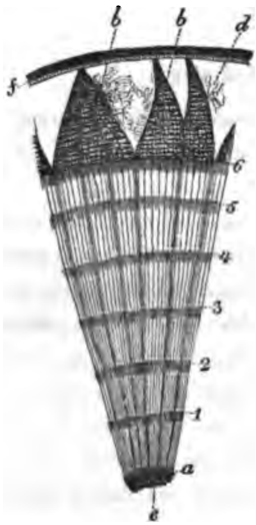
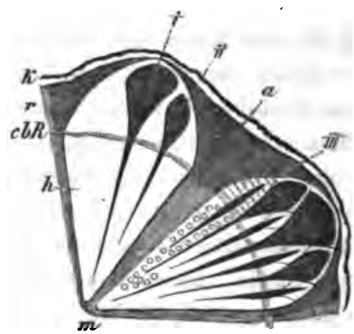


Fig. 107.



sind dagegen diese Verhältnisse weniger deutlich, weil nach der Pflanzenart früher oder später und mehr oder weniger, die älteren Rindentheile und mit ihnen die älteren Partien der Gefäſsbündel in der secundären Rinde abgeworfen werden.

Das **centrale Mark** der dicotyledonen Pflanzen besteht fast einzig und allein aus Parenchymzellen, nur bei einigen Milchsaft führenden Gewächsen sind auch im Innern desselben Milchsaftgefäſse verbreitet

Fig. 106. Querschnitt durch den Zweig der Linde. *a* Markscheide. *b* Basttheil der Gefäſsbündel. *d* Nahrungsgewebe der Rinde. Bei 6 die Grenze zwischen Holz und Rinde (Cambiumring). *e* Mark. *f* ursprüngliche (primäre) Rinde. 1—6 Grenzen der Jahresringe (Vergröſserung 5 mal).

Fig. 107. Theil eines Querschnitts aus dem Rhizom (?) von Cyssus verrucosa (der Nährpflanze von Rafflesia Patma). *a* ein primärer Markstrahl, *cbR* der Verdickungs- oder Cambiumring, *h* der Holzkörper des Gefäſsbündels, *k* die Korkschicht der Rinde, *r* die secundäre Rinde, in welcher der äuſsere Theil der Gefäſsbündel liegt. I secundärer Markstrahl erster Ordnung, II zweiter Ordnung, III dritter Ordnung. — So lange der äuſsere Theil der Rinde nicht durch Borkenbildung abgeworfen wird, bleiben die ursprünglichen Gefäſsbündel, wie bei Tilia, auch in der Rinde erkennbar. (3 mal vergröſsert.)

(Gomphocarpus). Bei den Euphorbiaceen, bei Carica Papaya und bei Chelidonium verbleiben dieselben nur im Umkreis des Markes, also in der Markscheide. Die Parenchymzellen des Markes sind in der Regel dünnwandig und porös (Sambucus), nicht selten aber auch in älteren Pflanzentheilen dickwandig und verholzt. Die Markzellen führen im jugendlichen Zustande in der Regel Stärkmehl oder andere assimilirte Stoffe, desgleichen Harze und bisweilen auch Krystalle. Durch späteres Vertrocknen des Markes zwischen je zwei Blättern erhalten viele dicotyledone Pflanzen, dem Grashalm ähnlich, hohle Stengel. (Carica Papaya, Cecropia, Poinsettia, desgleichen viele krautartige Gewächse, als Chaerophyllum u. s. w.). Bei Euphorbia canariensis zerspaltet das Mark in wagrechte papierähnliche Platten und bei Kleinia nereifolia bilden sich, wahrscheinlich auf ähnliche Weise, zahlreiche, durch wagrechte Scheidewände hervorgerufene, Kammern.

Die ersten Anfänge der Gefäfsbündel, welche das centrale Mark umgeben und die immer Spiral- und Ringgefäfse enthalten, selbst wenn die später nachgebildeten Theile desselben Bündels nur getüpfelte Gefäfse besitzen, werden als Markscheide oder Markkrone (Corona medullaris) bezeichnet, sie enthalten bisweilen einige Bastzellen (Nerium, Vinca, Rhizophora, Viscum), ja in seltenen Fällen sogar ein zweites von verholzten Zellen umschlossenes Cambium (Linum usitatissimum, Cocculus laurifolius (Bd. I. Taf. V. Fig. 5). Den nach Innen vom Cambiumring gelegenen Theil der Gefäfsbündel nenne ich den Holztheil derselben, er bildet mit den Markstrahlen, welche ihn durchsetzen, den Holzring der Dicotyledonen. Den nach aufsen vom Verdickungsring gelegenen Theil derselben Gefäfsbündel bezeichne ich dagegen als Basttheil, weil in ihm die Bastzellen liegen, er bildet mit den Markstrahlen, welche ihn durchsetzen, die secundäre Rinde. Primäre Rinde nenne ich denjenigen Theil der Rinde, welcher schon vor der Entstehung der Gefäfsbündel im jungen Zweig vorhanden ist und der später die secundäre Rinde umschliefst. Wirkliche, dem Gefäfsbündel angehörige Bastzellen[1]) finden sich in der primären Rinde

[1]) Als Bastzelle im engeren Sinne des Wortes bezeichne ich jetzt diejenigen langgestreckten Zellen des Basttheils der Gefäfsbündel, welche an beiden Seiten spitz endigen, keine Gitter- oder Siebporen besitzen, dagegen mit einfachen, häufig schief gestellten Porencanälen versehen sind und deren Wand in der Regel mehr oder weniger verdickt und gar häufig auch verholzt ist. Die sogenannten Milchsaftgefäfse, welche immer im Gefäfsbündel und zwar meistens im Basttheil desselben entstehen, rechne ich zu den Bastzellen im weiteren Sinne.

niemals, wohl aber enthält dieselbe bisweilen langgestreckte und verholzte Zellen, welche den verholzten Bastzellen ähnlich sind (bei Ephedra). Die primären Markstrahlen gehen vom Mark bis zur primären Rinde, die secundären Markstrahlen endigen dagegen an der einen Seite im Innern des Holzringes und an der anderen im Innern der secundären Rinde; je weiter dieselben im Holz nach innen, in der Rinde aber nach aufsen vordringen, um so älter und umgekehrt, je näher sie dem Cambiumringe entspringen, um so jünger sind dieselben.

Wie sich nun der Holzring durch den Verdickungsring fortbildet, so wächst auch durch ihn gleichfalls die secundäre Rinde, die jüngsten Theile beider berühren deshalb den Cambiumring. (Bd. 1. p. 340.)

Aber bei den meisten Pflanzen wächst die secundäre Rinde nicht in gleichem Grade wie der Holzring, dessen jährlicher Zuwachs in der Regel viel bedeutender ist. Aufserdem bleibt die primäre Rinde bei sehr vielen Pflanzen nur für kurze Zeit und wird darauf durch eine Korkbildung unter ihr als Borke (rhytidoma) abgeworfen. Bleibt sie dagegen, wie bei Viscum und bei Ilex Aquifolium, so vergröfsern und vermehren sich auch ihre Zellen, so dafs sie selbst dem Dickenwachsthum des Zweiges unter ihr zu folgen vermag. Dasselbe gilt für die äufseren Theile der secundären Rinde, welche entweder ebenfalls durch unter ihnen entstandene Korkschichten als Borke abgeworfen werden, oder, indem sie lebendig bleiben, mit den jüngeren, unter ihnen gelegenen Schichten der Rinde fortwachsen. Jede Pflanze zeigt hier ihre besonderen Eigenthümlichkeiten, welche häufig sogar nach dem Alter des Stammes oder Zweiges Abweichungen erleiden. Das Zerreifsen der äufseren Rinde unserer Bäume, die Gestalt dieser Rindenrisse und die Weise, in welcher die Borke abgeworfen wird, sind Folgen dieser Eigenthümlichkeiten, welche wir weiter oben näher betrachten werden.

Der nach innen vom Cambiumring gelegene Theil der Gefäfsbündel oder der Holzring besteht aus Gefäfsen und Holzzellen, oder bei Pflanzen mit unverholztem Stamm aus Gefäfsen und langgestreckten Zellen, welche die Stelle der Holzzellen vertreten. Bei sehr vielen Pflanzen kommt in ihm aufserdem noch Holzparenchym vor (Bd. I. p. 241). Die Markstrahlen, welche diesen Theil durchsetzen, sind bei den Holzpflanzen meistens selbst verholzt (Opuntia Ficus indica, Astragalus verus und Cycas haben unverholzte Markstrahlen). Der Holzring der Coniferen und der Cycadeen besteht im Gegensatz zu allen übrigen Dicotyledonen nur aus Holzzellen und aus Markstrahlzellen, die Gefäfse

im Holz treten erst bei Ephedra und Gnetum auf. An der Markscheide findet man aber auch bei den anderen Nadelhölzern enge Spiralgefäfse, wie solche in den Gefäfsbündeln der Blätter dieser Bäume vorkommen; es ist sogar nicht schwer die Uebergangsformen derselben in die später entstandenen, den eigentlichen Holzring bildenden Holzzellen der Nadelhölzer aufzufinden. Diese Wahrnehmung erinnert an Dracaena, wo im festen Holzring die Gefäfse ebenfalls durch getüpfelte Holzzellen ersetzt werden (p. 44).

Der nach aufsen vom Verdickungsring gelegene Theil der Gefäfsbündel, oder die secundäre Rinde, enthält die Bastzellen, welche bei manchen Pflanzen früher oder später verholzen. Diese eigentlichen Bastzellen können aber auch ganz fehlen und durch andere langgestreckte Zellen vertreten werden, ebenso können die Gefäfsbündel zwar in der ersten Zeit wirkliche Bastzellen entwickeln, später aber deren Bildung einstellen, wie dies bei Fagus und Betula, desgleichen bei Viscum und bei Cocculus der Fall ist.

Aufser den eigentlichen Bastzellen enthält der Basttheil des Gefäfsbündels aber noch verschiedene andere, wie es scheint, wesentliche Zellenelemente, welche bisher noch wenig beachtet wurden, nämlich:

1. Die von Hartig[1]) entdeckten Siebröhren, welche v. Mohl[2]) Gitterzellen nennt. Dieselben kommen nach den Pflanzen in verschiedener Anordnung und von etwas verschiedenem Baue vor; sie bestehen aus langgestreckten, meistens sehr zartwandigen und niemals verholzten Zellen, die Längsreihen bildend an der Querwand sieb- oder gitterartig porös erscheinen, nicht selten aber auch auf der Längswand nach der Richtung der Markstrahlen ähnliche Siebporen zeigen (nach v. Mohl bei Pyrus communis). Diese Siebröhren liegen nun einzeln, gruppen- oder bänderweise, zwischen den übrigen zum Basttheil des Gefäfsbündels gehörenden Zellen. Bei Bignonia trennen sie bänderartig die Reihen eigentlicher dickwandiger und verholzter Bastzellen; ähnlich bei Tilia. Bei den Abietineen erscheinen sie gleichfalls in Bändern; sie bilden hier denjenigen Theil der jungen secundären Rinde, welchen ich früher (Bd. 1. p. 251) als nicht verholzte Bastzellen (Bd. 1. Taf. II. Fig. 11) beschrieben habe. Bei den Taxineen

[1]) Th. Hartig, Naturgeschichte der Holzgewächse. Ders. Ueber die Querscheidewände zwischen den einzelnen Gliedern der Siebröhren von Cucurbita Pepo. Bot. Zeitung 1854. p. 51.

[2]) v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Bot. Zeitung 1855. p. 873.

und Cupressineen liegt nach v. Mohl eine einfache Reihe solcher Siebröhren in der Mitte zwischen den gleichfalls einfachen Reihen verholzter Bastzellen, deren bänderartiges Auftreten die Rinde dieser Bäume charakterisirt. Bei den Abietineen und den Taxineen nun sind diese Siebröhren, deren Länge den Holzzellen zu entsprechen scheint, nach der Seite der Markstrahlen mit grofsen kreisförmigen Poren versehen, welche an die Tüpfel der Holzzellen erinnern, aber über ihre ganze Fläche noch mit zahlreichen sehr kleinen Poren übersäet sind. Diese Siebporen (Bd. 1. p. 27) haben, obschon sie dem Tüpfel der Holzzellen sehr ähnlich sind, keinen Tüpfelraum (Fig. 108). — Nur den Coniferen scheint diese Form der Siebporen eigenthümlich, bei den übrigen Dicotyledonen kehren dagegen für die Siebröhren andere Formen der Verdickung, welche an die Gefäfse dieser Pflanzen erinnern, wieder; so sind bei schiefgestellter Querwand der Siebröhren leiterförmige Verdickungen sehr gewöhnlich. Die Fläche der sehr grofsen Poren ist alsdann noch, den so eben besprochenen Siebporen ähnlich, mit zahlreichen sehr kleinen Poren sieb- oder netzartig übersäet (bei Bignonia, Pyrus, Tilia). In der Cauto-Rinde[1]) (Moquilea?) kommen dieselben Siebröhren, aber wie es scheint, ohne die kleineren Poren vor; sie verkieseln hier gleich den übrigen Elementen dieser Rinde. Hartig sowohl als v. Mohl glauben, dafs diese Siebröhren oder Gitterzellen dem abwärtssteigenden Saftstrome in dem Gefäfsbündel dienen, was mir ebenfalls sehr annehmbar erscheint. Ich möchte in ihnen mit Hartig ein Analogon der Gefäfszellen für den Basttheil des Gefäfsbündels erblicken, wofür nicht allein die Verdickungsweise ihrer Scheidewände, sondern auch die veränderte Art ihres Baues bei den Nadelhölzern, denen ja die eigentlichen Gefäfse fehlen, reden möchten; doch ist die Kenntnifs

Fig. 104.

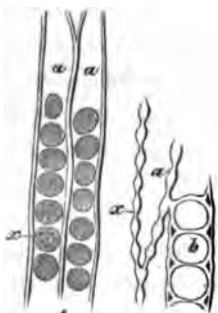


Fig. 108. *A* Theil zweier Siebröhren von Larix europaea (*a. a*), welche durch Maceration isolirt wurden. *x* die Siebpore, welche, wie *B*, eine Partie des tangentialen Längsschnittes, zeigt, einer wirklichen Pore entspricht, indem sie keinen Tüpfelraum, dagegen auf der schon verdünnten kreisförmigen Fläche (*x*) noch zahlreiche sehr feine Poren besitzt. *a* Siebröhre. *b* Markstrahlzelle. (Vergröfserung 150mal.)

[1]) Krüger, Westindische Fragmente, el Canto. Bot. Zeitung 1857. p. 281.

dieser Zellenart noch gar zu neu und die Untersuchung selbst zu schwierig, um schon gegenwärtig diese Frage entscheiden zu können. Wie alle Porenkanäle ohne wirkliche Löcher, immer noch durch eine zarte Membran von der benachbarten Zelle geschieden sind, so werden auch die kleinen Poren der Siebröhren nicht wirkliche Durchbrechungen sein; ist doch selbst die Querwand der Gefäfszellen, so lange diese dem Saftstrome dienen, mit einer sehr zarten Membran versehen und nicht durchbrochen, wie ich dies bei Carica Papaya nachgewiesen habe[1]). Die Siebröhren der meisten Pflanzen sind sehr zart auch ist ihre Wand so weich, dafs sie sich nur schwierig durch Maceration isoliren lassen.

Aber auch die Milchsaftgefäfse gehören in den meisten Fällen zum Basttheil der Gefäfsbündel (Chelidonium, Euphorbia, Lactuca); bei Carica Papaya dagegen entstehen sie an der inneren Seite des Cambiumringes, also im Holztheil der Gefäfsbündel. Dieselben sind aber durchaus kein nothwendiges Element der Gefäfsbündel, denn die Mehrzahl der Gewächse kann ohne sie bestehen.

2. Bastparenchymzellen, welche als Tochterzellen in sehr langen, den eigentlichen Bastzellen oftmals an Länge gleichkommenden, Zellen des Gefäfsbündels entstanden sind und die entweder zartwandig bleiben, oder sich später verdicken und verholzen. Ihr Inhalt ist häufig von dem der übrigen Rindenzellen durchaus verschieden, sie führen nicht selten Stärkmehl oder harzähnliche Stoffe und scheinen mir dem Holzparenchym des Holztheils der Gefäfsbündel vergleichbar, weshalb ich sie Bastparenchym nennen möchte; zumal da ihre Anordnung zwischen den wirklichen Bastzellen und den Siebröhren dem Vorkommen des Holzparenchyms zwischen den Holzzellen und den Gefäfszellen sehr ähnlich ist. Wir würden demnach im Basttheil des dicotyledonen Gefäfsbündels ähnliche Elemente als im Holztheil wiederfinden: den Gefäfsen würden die Siebröhren, den Holzzellen die Bastzellen und dem Holzparenchym das Bastparenchym entsprechen. Bei den Nadelhölzern aber, denen die Gefäfse fehlen, entsprechen die Siebröhren in ihrem Baue den eigenthümlichen Holzzellen dieser Pflanzen.

Die Markstrahlen, welche die jüngeren Schichten der secundären Rinde durchsetzen, sind, so viel mir bekannt ist, niemals verholzt, dagegen kommen in den älteren Rindenschichten derjenigen Bäume, welche

[1]) H. Schacht, Ueber die Milchsaftgefäfse von Carica Papaya im Monatsbericht der Berliner Akademie von 1856.

dieselben nicht abwerfen oder doch lange behalten, z. B. bei der Buche, sowohl in den zum Gefäfsbündel als auch in den zu den Markstrahlen gehörigen Theilen wesentliche Veränderungen vor, welche den ursprünglichen Bau der secundären Rinde oftmals verwischen. Verholzte Parenchymzellen, einzeln oder in Gruppen angeordnet, sind in diesen Fällen häufig (bei Fagus, Carpinus, Betula, Alnus, Platanus, Acer, Aesculus, Viburnum Lantana). Bei einigen Nadelhölzern, jedoch wie es scheint nur bei den Abietinen, wo in der Rinde die eigentlichen Bastzellen fehlen, bilden sich in den sie ersetzenden Langzellen mit Siebporen später neue Zellen, welche verholzen und die ich deshalb secundäre Bastzellen genannt habe; bei Abies pectinata sind die letzteren mehrfach und unregelmäfsig verzweigt (Bd. 1. p. 262). Bei Picea vulgaris dagegen, wo ihre Bildung leichter zu verfolgen ist, entstehen deren viele über einander in einer jener langen Zellen, ihre Gestalt wird deshalb nahebei würfelförmig, während sich bei Larix einzeln sowohl verholzte lange Bastzellen als auch, und zwar an der Grenze der primären Rinde verzweigte und verholzte Zellen finden. Bei Pinus silvestris endlich, deren äufsere Rindenschichten frühzeitig zur Borke werden, unterbleibt die Bildung dieser secundären Zellen gänzlich.

Bei normaler Fortbildung der Gefäfsbündel wächst nun der Holzring und die secundäre Rinde in der ursprünglichen Weise weiter; man erblickt alsdann niemals an der Innenseite des Verdickungsringes zerstreute Gefäfsbündel, wie sie der Querschnitt des monocotyledonen Stammes zeigt. Erfolgt dagegen die Fortbildung der Gefäfsbündel nicht oder nur periodisch in dieser Weise, so erhalten wir Formen, welche den Monocotyledonen mehr oder weniger ähnlich sind. So haben die Nyctagineen und Hydnora zerstreute Gefäfsbündel, die sich niemals zu einem geschlossenen Holzring vereinigen; jedes Bündel enthält hier in monocotyledoner Weise alle seine Elemente bei einander, während doch nach dem Typus der Dicotyledonen ihr Basttheil in der Rinde liegen müfste.

Bei Cycas finden wir wieder zerstreute Gefäfsbündel im Mark, ihnen folgt ein geschlossener Holzring mit normalen Markstrahlen, der sich jahrelang in dicotyledoner Weise fortbildet, dann aber plötzlich einen zweiten durch Rindenparenchym von ihm getrennten Holzring erzeugt, der darauf wieder einige Jahre normal fortwächst, und alsdann einen dritten Holzring u. s. w. bildet. Die Menispermen zeigen das abwechselnd normale und abnorme Wachsthum noch schöner.

Cocculus palmatus kann als Beispiel dienen; auch hier dauert jede Periode mehrere Jahre und mit der Bildung eines neuen Holzringes um den bereits vorhandenen vermehrt sich in der Regel auch die Zahl der einzelnen Gefäfsbündel um das Doppelte (Fig. 109 u. Fig. 110).

Fig. 109.

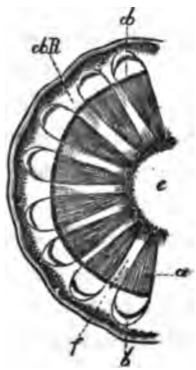
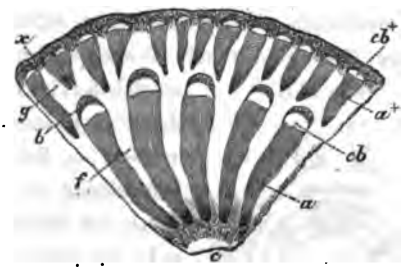


Fig. 110.



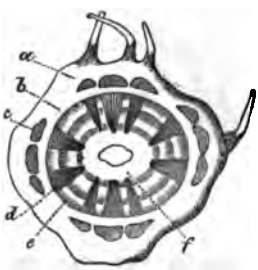
Jedes Bündel des vorhergehenden Holzringes sendet hier also zwei Zweige in radialer Richtung ab, welche den neuen Holzring bilden. Für die Wurzel der Beta und für den Stamm der Phytolacca dioica gilt dasselbe, nur dafs bei beiden in einem Jahre zahlreiche Gefäfsbündelringe um einander entstehen. Sogar die scheinbar so unregelmäfsigen Holzbildungen der Bauhinien lassen sich hier unterordnen. Jederzeit ist der äufsere Kreis von demjenigen, welchen er umfafst, abhängig, er ist durch Gefäfsbündelzweige, die von letzterem in radialer Richtung ausgingen, entstanden. Diese Zweige bilden sich darauf eine zeitlang in dicotyledoner Weise weiter, bis sie selbst wieder nach Art der Monocotyledonen in der Richtung des Radius neue Zweige aussenden, welche ihrerseits zu einem neuen Holzring werden u. s. w.

Fig. 109. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von Cocculus laurifolius; *a* Holzkörper der Gefäfsbündel, *b* Basttheil derselben, *cb* Cambium des Gefäfsbündels, *cbR* Verdickungsring, *e* Mark, *f* ursprünglicher (primärer) Markstrahl. (25mal vergröfsert.)

Fig. 110. Partie aus dem Querschnitt durch einen mehrjährigen Stamm von Cocculus laurifolius. *a* die Holzbündel erster Ordnung, deren Cambium (*cb*) von einer Bastgruppe in Form eines Halbrings (*b*) umgrenzt wird. a^+ die Holzbündel zweiter Orduung, deren Cambium (cb^+), wie alle nunmehr folgenden Holzbündel, keine Bastzellen erzeugt hat. *e* das Mark, *f* ein primärer Markstrahl, *g* ein Markstrahl zwischen den Holzbündeln zweiter Ordnung, *x* die Rinde. (Vergröfserung 5mal.)

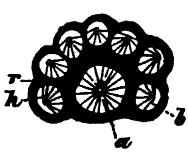
Hatten wir vorher bei den Nyctagineen und bei Hydnora dicotyledone Pflanzen mit monocotyledoner Gefäfsbündel-Ausbildung vor uns, so zeigen uns die so eben erwähnten Fälle dicotyledone Gewächse, welchen abwechselnd bald die eine, bald die andere Fortbildungsweise eigen ist. Periodische Veränderungen in der Lebensweise des Verdickungsringes könnten vielleicht, wie das Beispiel von Urtica zeigt, wo derselbe periodisch abwechselnd seine eigenen Zellen verholzt, so dafs primäre Markstrahlen mit abwechselnden Bändern verholzter Zellen

Fig. 111.



entstehen (Fig. 111), als die nächste Ursache dieser interessanten Erscheinungen gedeutet werden. — Bei den Pflanzen mit abnormer Holzbildung ist die Fortbildung der Rinde durch den Verdickungsring sehr beschränkt; so hat bei den von mir untersuchten Menispermeen nur der innerste Kreis der Gefäfsbündel in seiner Rinde verholzte Bastzellen entwickelt. Ein dritter Fall, wo ein centraler Holzring mit normaler Bildung von mehreren kleineren Holzringen umgeben ist, welche mit demselben durch eine gemeinsame Rinde verbunden

Fig. 112.



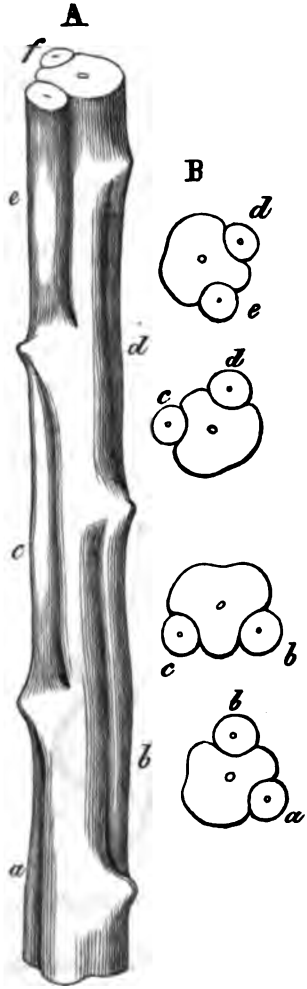
sind, findet sich bei Paullinia und Serjania (Fig. 112). Die äufseren Holzringe entstehen hier aus Seitenknospen des centralen Holzringes, sie bilden Zweige, welche für eine Zeit lang mit dem inneren Hauptstamm nahebei parallel fortwachsen und mit ihm durch eine gemeinsame Rinde verbunden bleiben, dann aber später entweder als selbstständige Zweige hervortreten oder sich wieder mit dem inneren Hauptstamm vereinen, wie ein etwa 3 Fufs

Fig. 111. Querschnitt durch den unteren Theil eines Stengels von Urtica dioica. *a* die Rinde, *b* der Cambiumring (Verdickungsring), *c* der Basttheil eines Gefäfsbündels, *d* der Holztheil eines anderen Gefäfsbündels, *e* das abwechselnd aus Bändern verholzter und nicht verholzter Parenchymzellen bestehende Gewebe, welches der Verdickungsring direct gebildet hat und das dem Markstrahl entspricht; *f* das Mark, dessen Mitte bereits durch Austrocknen seiner Zellen hohl geworden ist. (10mal vergröfsert.)

Fig. 112. Querschnitt durch einen Zweig von Paullinia. *a* der centrale Stammtheil, welchen sieben Seitenzweige umgeben, die mit dem Hauptstamm *a* durch Rindenparenchym (*r*) verbunden sind; wo zwischen *h* und *b* ein freier Raum vorhanden, ist ein solcher Seitenzweig für sich als Zweig frei geworden. (Natürliche Gröfse.)

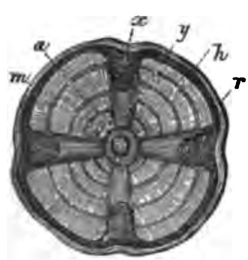
langer durch Maceration von seiner Rinde entblöfster Ast einer Serjania, den ich der Güte des Herrn H. Crüger verdanke, beweist. Jeder seitliche Zweig scheint hier aus einer Achselknospe entsprungen zu sein, derselbe überspringt ein Stengelglied und kehrt beim folgenden zum innern Hauptstamm zurück (Fig. 113). Endlich erscheint noch überdies nach Crüger[1]) bei einer anderen Serjania ein periodisch unregelmäfsiges Wachsthum, wie bei Cocculus, wodurch scheinbar noch mehr Unregelmäfsigkeiten in der Vertheilung der Gefäfsbündel auftreten.

Fig. 113.



Die oftmals höchst zierlichen Formen des Holzkörpers älterer Bignonienstämme (Fig. 114 u. 115) endlich sind nicht,

Fig. 114.



wie ich es Bd. I. p. 343 irrthümlich angegeben, Zerklüftungen des Holzkörpers durch secundäre Markstrahlen, sondern eigenthümliche Rindenbildungen, welche in diesem Falle, den Markstrahlen ähnlich, den Holzkörper durchsetzen und mit allen Elementen einer secundären

Fig. 113. *A* Ast einer Serjania im verkleinerten Mafsstabe. *a, b, c, d, e, f,* die seitlich von der Hauptachse frei werdenden und wieder, nach Ueberspringung eines Stengelgliedes, zu ihr zurückkehrenden Nebenachsen. *B* 4 ideelle Querschnitte, aus der Mitte des betreffenden Stengelgliedes genommen, woraus man

[1]) Crüger, Bot. Zeitung 1851. Taf. VIII. Fig. 13—20.

Rinde versehen, auch überdies noch selbst von schmalen Markstrahlen durchzogen sind. Viel unregelmäfsigere Formen zeigen die Stämme der Bauhinien [1]), desgleichen der sich windende Stamm von Ipomaea tuberosa, wo die Vertheilung der Holzbündel den Bauhinien sehr ähnlich ist; Markstrahlen durchsetzen auch hier das Rindengewebe, in dem diese Holzbündel mit mehr oder weniger Ordnung vertheilt sind. Bei den Menispermeen dagegen läfst sich das die einzelnen Holzkreise trennende Gewebe nicht wohl als secundäre Rinde betrachten, denn jedes einzelne Holzbündel hat hier und bei Beta seinen ihm eigenthümlichen Basttheil, es liegt dagegen wie die monocotyledonen Gefäfsbündel in einem Parenchym ohne Markstrahlen und ohne Bastzellen. — Ein Zurückbleiben in der Holzbildung an bestimmten Stellen ohne vermehrte Rindenbildung veranlafst die oft höchst eigenthümlichen Stammformen tropischer Gewächse, z. B. Caulotretus und Heretiera Fomes mit plattgedrücktem Stamm (Bd. 1. p. 344) oder Cassia quinquangularis mit tiefen Einschnitten zwischen starken Vorsprüngen (Fig. 116). Die kantigen Stämme der blattlosen Euphorbien

Fig. 115.

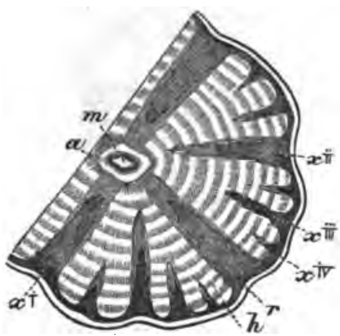
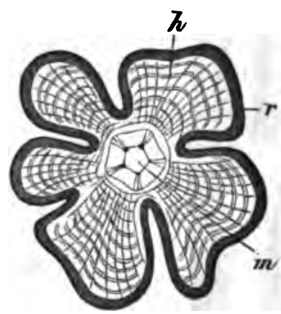


Fig. 116.



ersieht, dafs hier immer 2 Nebenachsen frei sind. Das Freiwerden derselben erfolgt nach einer links gewundenen Spirale.

Fig. 114. Querschnitt durch den Stamm einer nicht sicher bestimmten Bignonia. *m* das centrale Mark, *a* der innerste Theil des Holzringes, *h* Holzkörper mit scheinbaren Jahresringen, *y* ein vom allgemeinen Holzkörper im Bau und Anordnung seiner Theile nur wenig abweichendes Holzgewebe, *x* ächtes Rindengewebe, der nur schmalen Rinde *r* in allen seinen Theilen entsprechend.

Fig. 115. Querschnitt durch den Stamm einer anderen Bignonia. *m* das Mark, *a* Aeltester Holzring, *h* Holzkörper, *r* Rinde, *x*I erste Zerklüftung des

[1]) Schleiden, Grundzüge. Ausgabe II. Bd. II. p. 159. Fig. 151.

und der Cereus-Arten haben dagegen, soweit ich Gelegenheit hatte sie zu untersuchen, ein normales Wachsthum; schon bei der keimenden Pflanze ist hier der Stamm kantig[1]).

Bei den mehrjährigen Gewächsen unserer Zone, ja, wie es scheint, bei allen Pflanzen, welche periodisch ruhen, zeigt der Holzring des Stammes und der Wurzel mehr oder weniger markirte Wachsthumsgrenzen, welche wir Jahresringe[2]) nennen, weil jede Wachsthumsperiode in unseren Breiten der wärmeren Zeit eines Jahres entspricht, worauf alsdann für die kälteren Monate eine Winterruhe eintritt. Die Jahresringe sind bei unseren Nadelbäumen (Pinus, Picea, Abies, Larix) besonders scharf markirt, weil das im Herbst entstandene Holz aus ungleich schmäleren (in der Richtung des Radius), aber sehr stark verdickten Zellen besteht (Bd. 1. Taf. V. Fig. 4 *B*), während das im Frühling gebildete Holz weitere (nach beiden Richtungen gleich breite) Zellen besitzt, welche nur schwach verdickt sind (Bd. 1. Taf. V. Fig. 4 *d*). Da nun das Frühlingsholz des einen Jahres unmittelbar auf das Herbstholz des vorhergehenden folgt, so mufs hier eine scharf markirte Grenze entstehen. Bei den Laubhölzern, deren Holz noch Gefäfse enthält, sind die Jahresringe hier und da weniger markirt, aber dennoch durchs Mikroskop leicht nachzuweisen; die Mehrzahl derselben bildet überdies im Frühling mehr Gefäfszellen als im Herbst. Sogar viele tropische Gewächse, z. B. der Baobab (Adansonia digitata) und die Bombax-Arten

Holzkörpers durch Rindenbildung, *x* II — *x* IV aufeinander folgende Zerklüftungen. (Die Erklärung derselben Figuren auf p. 342 des ersten Bandes sind nach dieser zu berichtigen.)

Fig. 116. Durchschnitt des Stammes von Cassia quinquangularis. *m* Mark, *h* Holz, *r* Rinde.

---

[1]) Zur Literatur der anomalen Holzbildung: H. Crüger. Anomale Holzbildung der Dicotyledonen. Bot. Ztg. 1850 u. 1851. — Decaisne. Sur la famille de Lardizabalées. Archiv de Mus. 1839. — Mettenius. Ueber den Bau von Phytocrene. Beiträge zur Botanik. 1850. p. 60. — Schleiden. Grundzüge der Botanik. Ausg. II. Bd. II. p. 159. — Treviranus. Anomale Holzbildung der Dicotyledonen. Bot. Ztg. 1847. p. 377. Stammbau der Phytolacea dioica. Bot. Ztg. 1856. p. 833. — Unger. Ueber Bau und Wachsthum des dicotyledonen Stammes. Petersburg 1841. — Wigand. Beispiele anomaler Bildung des Holzkörpers. Flora 1856. p. 673. — Ueber die zerstreuten Gefäfsbündel der Nymphaeaceen und deren Verlauf dürfen wir von Caspary genaue Untersuchungen erwarten.

[2]) Man darf sich hier nicht immer auf die schon mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Zeichnungen im Holz verlassen, welche allerdings bei unseren Nadelhölzern den Jahresringen angehören, dagegen vielfach bei anderen Hölzern durch eine bandartige Anordnung des Holzparenchyms veranlafst werden (bei den Leguminosen, Protaceen u. s. w.). Das Mikroskop entscheidet hier mit Sicherheit.

haben Jahresringe. Ohne Jahresringe sind dagegen nach meinen Untersuchungen folgende Pflanzen: Araucaria brasiliensis, Boehmeria rubra, Kleinia nereifolia, Plocama pendula, Coffea arabica, Cinchona succirubra, Datura arborea, Isoplexis sceptrum, Ardisia excelsa, Erica arborea, Vaccinium padifolium, Viscum, Cereus, Euphorbia canariensis, Psidium pomiferum, Buxus sempervirens, Artocarpus incisa, Theobroma Cacao u. s. w. Bei einigen Laurus-Arten (Laurus canariensis, Phoebe barbusana) sind die Jahresringe sehr deutlich; bei anderen dagegen, (Persea indica und Oreodaphne foetens) scheinen sie zu fehlen.

Die Bildung der Jahresringe selbst steht mit dem Gesammtleben der Pflanze im innigen Zusammenhang. Wenn dieselbe im Frühjahr zu treiben beginnt und ihre Knospen sich öffnen, so bilden sich gleichzeitig die ersten Zellenlagen eines neuen Jahresringes. Die jungen Holzzellen, welche, wie wir wissen, zu zwei in einer Cambiumzelle durch Längstheilung entstanden sind, und die deshalb ursprünglich nach der Richtung des Radius nur halb so breit sind als die Mutterzelle, in der sie entstanden, wachsen darauf nach der Richtung des Radius und erreichen bald die Breite der anderen Richtung, in welcher keine merkliche Zunahme stattfindet, die Holzzelle erscheint nunmehr auf dem Querschnitt fast quadratisch, sie ist nur schwach verdickt und beginnt jetzt sich zu verholzen, wodurch ihr Wachsthum überhaupt beendigt wird. Die gleiche Ausbildung neu entstandener Zellenlagen dauert darauf so lange fort, bis die jungen Zweige, welche aus den Knospen entstanden sind, ihr Längswachsthum beendigt haben und ihre Blätter gleichfalls vollkommen entwickelt sind; von dieser Zeit ab, welche nach den Baumarten früher oder später, plötzlich oder allmälig eintritt, ändert sich auch die Ausbildung der neu entstandenen Zellenlagen. Während nämlich vorhin der junge Zweig zu seiner, so wie zu seiner Blätter, Ausbildung, reichlich Nahrung verlangte, kommt selbige jetzt der Holz- und Rindenbildung allein zu Gute. Die von nun ab neu entstandenen Holzzellen verdicken deshalb ihre Wände ungleich stärker, auch die Verholzung tritt bei ihnen früher ein, sie haben darum nicht Zeit gleich den schwächer verdickten und später verholzenden Frühlingszellen in die Breite zu wachsen und sind deshalb auf dem Querschnitt tafelförmig, d. h. in der Richtung des Radius schmaler als in der Richtung der Tangente. In der Regel ist der Uebergang von den Frühlingszellen zu den Herbstzellen ein allmäliger, so dafs die am Schlufs der Wachsthumsperiode entstandenen

Holzzellen am schmalsten und am stärksten verdickt erscheinen. Im sehr leichten Holz der Wellingtonia gigantea treten dagegen plötzlich nur wenige Reihen eines eigentlichen Herbstholzes auf, das einzellige Frühlingsholz ist dafür überwiegend. Die Abnahme der Gefäfse im Herbstholz oder zum wenigsten deren geringere Weite erklärt sich aus denselben Verhältnissen.

Durch die Jahresringe erfährt man die Wachsthumsperioden einer mehrjährigen Pflanze, und dadurch das Alter derselben. Sie geben aber auch zugleich durch ihre Beschaffenheit Zeugnifs fur die Umstände, unter welchen sie sich bildeten, und können deshalb gewissermafsen die Geschichte eines Baumes erzählen. Wenn nämlich die Jahresringe eines Stammes oder eines Zweiges unter sich von verschiedener Breite sind, so deutet der breitere Jahresring auf eine günstigere, der schmalere dagegen auf eine minder günstige Wachsthumsperiode; Bäume, welche im dichten Schlufs stehen, bilden, weil sie weniger Zweige treiben und dieselben nur im Gipfel ausbilden können, schmalere Jahresringe, als andere welche freistehen. Zeigt nun ein Stamm, der lange enge Jahresringe bildete, plötzlich eine Reihenfolge ungleich breiterer Ringe, so darf man annehmen, dafs er zuerst im engen Schlufs gezogen, dann aber lichter gestellt wurde. Wenn derselbe Jahresring an der einen Seite breiter als an der andern ist, so mufs die erstere Seite besser ernährt sein und mehr oder zum wenigsten üppiger entwickelte Zweige besessen haben. Bäume, die am Saume eines Waldes stehen, bilden bekanntlich nach der freien Seite mehr Zweige, ihre Jahresringe sind deshalb nach dieser Seite hin auch ungleich breiter.

Das Holz der Stämme mit breiten Jahresringen ist leichter und weniger fest, als dasjenige mit schmalen Ringen, weil auf ein gegebenes Flächenmafs desselben mehr des leichteren Frühlingsholzes als im andern Falle kommt. Die im Schlufs gezogenen Bäume haben schmalere Jahresringe und deshalb ein festeres Holz; die Fichte im hohen Gebirge wächst ungleich langsamer als in der Niederung, ihr Holz ist aber dafür um so schwerer.

In der secundären Rinde der Nadelhölzer und vieler anderer Bäume treten unverholzte oder verholzte Bastzellen gruppen- oder bündelartig auf (Tilia, Adansonia, Bombax), so dafs man glauben könnte, auch sie müfsten die Grenze einer Wachsthumsperiode bezeichnen. Meine Untersuchungen haben mich jedoch eines Anderen

belehrt; es entstehen nämlich in einer Wachsthumsperiode mehrere solcher Bastzonen, deren Zahl bei derselben Pflanze überdies nicht in jedem Jahre und in jedem Zweig genau dieselbe bleibt, so dafs man durch sie weder das Alter noch die Lebensverhältnisse eines Baumes erfahren kann.

Für den Bau der verschiedenen Holzarten hat man im Wesentlichen Folgendes zu beachten: 1. Das Vorkommen der Gefäfse in denselben. Allen wahren Nadelhölzern fehlen dieselben, bei Ephedra und Gnetum erscheinen sie zuerst, und sind allen Laubhölzern eigen. 2. Die Anordnung der secundären Markstrahlen, ob selbige einerlei oder verschiedener Art sind, d. h. ob breite und schmale Markstrahlen neben einander vorkommen, wie bei Quercus, Fagus, Grevillea, Banksia, Büttneria. Einige Bäume haben nur scheinbar zweierlei Markstrahlen, indem bestimmte strahlenartig angeordnete Partieen ihres Holzringes keine Gefäfse besitzen (Alnus, Betula, Carpinus und Corylus). Bei Cinchona succirubra dagegen sind die Markstrahlen auf dem Tangentenschnitt bauchig (mehrzellig), verlaufen aber nach beiden Seiten lang und einzellig, so dafs der Querschnitt scheinbar breite und schmale Markstrahlen anzeigt. 3. Die Breite und die Länge der Markstrahlen. Schmale Markstrahlen, meist nur aus einer Zellenreihe bestehend, sind den ächten Coniferen (den Abietineen, Cupressineen und den Taxineen) eigen, Ephedra dagegen hat schon breitere, aus 2—3 Zellenreihen gebildete Markstrahlen. Einreihig sind dieselben ferner bei Salix, Populus, Alnus, Betula, Carpinus, Corylus, Tilia, Aesculus und Diospyros. Mehrreihige lange Markstrahlen findet man dagegen bei Acer, Fraxinus, Ulmus, Platanus, Pyrus und Vitis, ferner bei Ephedra und bei Gnetum. Mehrreihige und kurze Markstrahlen finden sich bei Spartium, Ulex, überhaupt bei vielen Papilionaceen. Der Verlauf der Holzzellen und der Gefäfse um die kurzen breiten Markstrahlen wird natürlich ein verschlungener, so beim Mahagoni-, Polysander-, Campeche- und Fernambukholz; bei langen und schmalen Markstrahlen dagegen ist der Holzverlauf nahebei gerade; derartige Hölzer spalten deshalb leichter und glatter, z. B. die Abietineen. Im Allgemeinen sind die Markstrahlen innerhalb des Holzringes selbst verholzt, bei Mamillaria, Opuntia, jedoch nur im Stamme, desgleichen bei Cycas und Encephalartos sind sie zartwandig und nicht verholzt. Bei Quassia Tuparupa sind die Markstrahlen wohl noch viermal so breit als die Gefäfsbündeltheile, welche sie von einander trennen. 4. Das Vor-

kommen von Harzgängen oder Harzzellen im Holz. Dasselbe ist nur auf die Nadelhölzer und zwar, wie es scheint, auch nur auf die Abietineen beschränkt, wo Harzgänge sowohl senkrecht, als auch wagerecht, d. h. in besonderen, etwas breiteren, Markstrahlen verlaufen. Die Harzzellen dagegen sind den Cupressineen und den Taxineen eigen; die Tanne (Abies pectinata) besitzt ein Holz, dem beide fehlen; auch Araucaria hat keine Harzgänge. 5. Die Gegenwart eines Holzparenchyms, welches Stärkmehl oder andere Kohlenhydrate führt; es findet sich bei Quercus, Fagus, Aesculus, Vitis, Pyrus und Malus und zwar hier ohne spiralige Verdickung, während es bei Ulmus, Spartium und Ulex mit einer solchen erscheint. Das Holzparenchym ist, wie ich nach neueren Untersuchungen vermuthe, bei allen Laubhölzern vorhanden, oftmals aber nur sehr sparsam vertreten und überdies bei gleichem Grad der Verdickung von den Holzzellen auf dem Querschnitt nicht zu unterscheiden. Wo es aber weniger verdickt als die Holzzellen auftritt, gewährt seine Anordnung, vereinzelt, gruppen- oder bänderartig, auf dem Querschnitt sehr entschiedene Charaktere für bestimmte Hölzer. Vereinzelt erscheint es z. B. bei den Ericaceen (Erica arborea, Vaccinium padifol., Clethra arbor); bänderartig dagegen bei den Leguminosen, Proteaceen u. s. w. 6. Der Bau der Gefäfse: *a*) mit einem runden Loch in der Querwand erscheinen dieselben bei Quercus, Fagus, Carpinus, Juglans, Aesculus, Tilia, Fraxinus, Pyrus und Malus, desgleichen bei Populus und Salix, doch scheinen nicht alle Weidenarten hierin übereinstimmend gebaut zu sein. — Dieses Vorkommen ist das ungleich häufigere. *b*) leiterförmig-durchbrochene Scheidewände zeigt die Querwand bei Betula, Alnus, Corylus, Platanus, Myrica, Buxus, Viburnum, Avicennia, Vaccinium, Clethra, Visnea, Thea und Ilex; *c*) eine oder zwei Reihen kleiner runder Löcher finden sich endlich in der Querwand von Ephedra; ähnliche scheinbare Löcher zeigt auch die schiefgestellte Querwand der Rhizophora; *d*) getüpfelte Gefäfse ohne Spiralband besitzen Quercus, Fagus, Betula, Salix, Populus und die Mehrzahl der Holzgewächse; *e*) getüpfelte Gefäfse mit deutlichem Spiralband finden wir dagegen bei Tilia, Prunus, Carpinus, Acer, Aesculus, Vaccinium padifolium, Visnea, Ilex und Ulex; schwächer ausgebildet erscheint dasselbe bei Fraxinus; 7. Der Bau der Holzzellen: *a*) mit einer Tüpfelreihe; das Stammholz aller Nadel- und Laubbäume; das Wurzelholz der Nadelhölzer, welches mehr als doppelt so breite Holzzellen besitzt, zeigt dagegen 2 bis

4 Tüpfelreihen. Das Stammholz der Araucarien, von dem man früher glaubte, dafs seine Holzzellen mehr als eine Tüpfelreihe besäfsen, ist auch nicht anders gebaut, dagegen hat die Wurzel von Araucaria brasiliensis Holzzellen mit 3 — 5 Tüpfelreihen. Der Tüpfelhof ist bei dem Wurzelholz der Coniferen breiter als im Stammholz. *b*) Ein deutlich entwickeltes Spiralband besitzt die Holzzelle von Taxus und von Vitis, weniger ausgeprägt erscheint dasselbe im Herbstholz vieler Coniferen, z. B. bei Picea vulgaris und bei Larix europaea.

Bis jetzt besitzen wir leider noch wenig vergleichende Untersuchungen über den Bau der Holzarten[1]), es dürfte sonst nicht schwierig sein, danach zum wenigsten die Gattung oder Familie mikroskopisch sicher zu bestimmen, ja, in manchen Fällen würde man sogar die Art (Species) anzugeben vermögen. So zeigen z. B. alle von mir untersuchten ächten Pinus-Arten mit 2 oder mehreren Nadeln in einer gemeinsamen Scheide neben einer eigenthümlichen höchst zierlichen Verdickung der oberen und unteren Zellenreihen eines Markstrahls, für die Zellenreihen der Mitte, wo dieselbe fehlt, sehr grofse Tüpfel (Fig. 117); bei Pinus silvestris und P. Pumilio kommt auf die Breite einer Holzzelle in der Regel nur ein Tüpfel, während bei P. Strobus auf demselben Raum 1 — 4 ungleich kleinere Tüpfel vorkommen, und bei P. canariensis 1 — 2 Tüpfel auftreten. Für die Laubhölzer würde die Weite der Gefäfse,

Fig. 117.

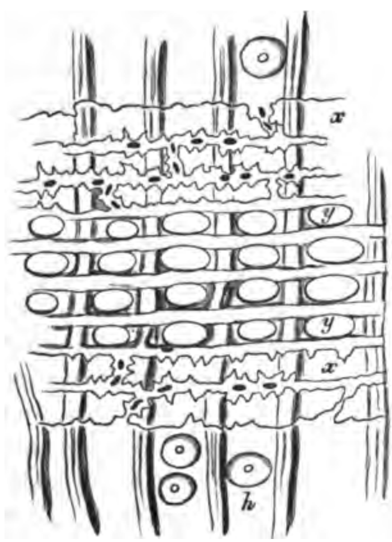


Fig. 117. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Kiefer (Pinus silvestris) *h* Frühlingsholz, d. h. Holzzellen im Frühling entstanden, *x. x* Markstrahlzellen mit eigenthümlicher Verdickung ohne grofse Tüpfel, *y. y* Markstrahlzellen mit sehr grofsen Tüpfeln. (200mal vergröfsert.)

[1]) Göppert und Th. Hartig haben sehr schätzenswerthe Beiträge für die Anatomie der Holzarten geliefert.

welche innerhalb gewisser Grenzen constant bleibt, noch sehr gute Anhaltspunkte für die Bestimmung liefern. — Ich hoffe nächstens an einem andern Orte über den Bau der Holzarten ausführlicher reden zu können.

Die maserige Beschaffenheit eines Holzes scheint vorzugsweise durch die Bildung vieler Nebenknospen bei einander veranlafst zu werden. Bei der Pappel und der Rofskastanie ist an Orten, wo Aeste genommen wurden, die Bildung starker Rindenwülste, die reichlich Nebenknospen entwickeln, sehr gewöhnlich, derartige Rindenwülste aber sind durch Maserbildung ausgezeichnet. Dieselbe wird hier durch den geschlungenen Verlauf der Holzbündel um die Zweige hervorgerufen. Sehr alte Bäume bilden dagegen sogar am glatten Stamm ein maseriges Holz. Ich sah uralte 400—600jährige Tannen (auf dem Wurzelberg bei Katzhütte am Thüringer Wald), desgleichen überwallte Stöcke 200—300jähriger Fichten (im Forstrevier Sachsenried bei Kaufbeuren in Bayern), ferner einen mehr als 400jährigen Kastanienbaum (in der Quinta do Til zu Funchul auf Madeira) deren letzte Holzbildungen wunderschöne Masern zeigten. Der vielfach verschlungene Holzverlauf mufs hier einer Abnahme im Wachsthum durch das Alter oder den Mangel der Blätter zugeschrieben werden. Auch die sogenannten **Säumaugen**, Knospen, welche in der Rinde des Baumes verbleiben, sich wenig verlängern und keine Blätter ausbilden, deren Stammtheil sich aber alljährlich verdickt, so dafs aus ihnen kleinere oder gröfsere Holzkugeln, die in der Rinde stecken, hervorgehen (bei der Buche, der Kastanie, der Linde und der Pappel) haben ein sehr maseriges Holz. Sie besitzen wie die überwallten Stöcke alter Tannen und Fichten keine Blätter; auch die alten Tannen des Wurzelberges sind zum Theil gipfeldürre, oder doch nur schwach belaubt, ebenso die besprochene Kastanie zu Funchel. Es scheint danach als ob zunächst der Mangel einer Ernährung durch Blätter diese Veränderung im Bau des Holzes hervorriefe. Das maserige Holz ist sehr fest, denn da der Baum keine oder nur wenig Zweige und Blätter zu ernähren hat, so sind auch die im Frühling entstandenen Zellen schmaler und stärker verholzt, die Jahresringe aber sind nur schmal und schwach markirt.

Das Gewicht, sowie die Härte und Festigkeit der Hölzer ist zum Theil durch ihren Bau, d. h. durch die Ausbildungsweise ihrer Zellen bedingt. Der Verdickungsgrad der Holzzellen, das häufigere oder seltenere Vorkommen der Gefäfse und die Weite derselben, desgleichen

die Beschaffenheit des Holzparenchyms und der Markstrahlen sind hier mafsgebend. Es giebt danach Hölzer von grofser Leichtigkeit (Anona, Erythrina, Aeschinomene paludosa, Carica Papaya), welche meistens aus sehr dünnwandigem Holzparenchym bestehen, und wieder andere von hohem specifischem Gewicht, die im Wasser untersinken (Brosimum guianense, bei dem sogar die nur sparsam vorhandenen Gefäfse wieder mit stark verholzten Zellen ausgefüllt sind.)

Aber auch die chemische Beschaffenheit des Holzes ist nach der Pflanzenart, ja sogar nach dem Standort und nach dem Alter verschieden. Die Holzzellen der Kiefer verhalten sich zu Säuren etwas anders als diejenigen der Fichte (Bd. 1. p. 126); das Holz der Buche ist spröde, während dasjenige der Eiche zähe ist. Das Holzparenchym und die Markstrahlzellen der Eiche, der Buche, der Ulme und des Weinstocks enthalten Stärkmehl, bei den Farbhölzern, Campeche- und Fernambucholz dagegen sind Farbstoffe in ihnen vorhanden; die Markstrahlen des Buchsbaumes umschliefsen grofse Krystalle. — Das Holz der Kiefer ist auf trockenem Boden fester und harzreicher, als auf einem nassen Grunde, ja das Holz der Tanne eines bestimmten Waldbestandes ist oftmals für gewisse Zwecke, z. B. zur Gewinnung zarter Platten für die Schachtelmacher, geeigneter als dasjenige eines anderen Standortes. — Das ältere Holz, oder das Kernholz, eines alten Stammes ist häufig schon durch seine dunklere Färbung von dem jüngeren Holz verschieden. Das junge Ebenholz (Diospyros Ebenum) ist gelblich weifs, erst mit dem Alter wird es schwarz, weil sich im Innern seiner Holz- und Gefäfszellen eine schwarze Masse ablagert, welche wahrscheinlich durch langsame Verkohlung der innersten nicht verholzten Verdickungsschicht dieser Zellen (Bd. 1. p. 245) entsteht, da sogar alle Porenkanäle mit ihr erfüllt sind. Das Holz der schwarz und weifs geflammten Billardstöcke (eine Acacienart) zeigt dasselbe. Das schwarze Kernholz des Tilbaumes (Oreodaphne foetens) auf Madeira und den Canaren ist dagegen durch seine ganze Masse braun gefärbt, es verbreitet frisch einen höchst widerwärtigen fauligen Geruch, das frische Holz junger Zweige dagegen ist farb- und geruchlos. Ich vermuthe deshalb, dafs die dunkele Färbung des Kernholzes überall auf einer chemischen Veränderung im Innern der Zellen beruht; Mulder hat in demselben Ulminsäure aufgefunden. — Die gröfsere Härte des Kernholzes mag nun zum Theil auf dem allmäligen Austrocknen seiner Zellen beruhen, denn jedes trockene Holz ist härter als das nasse

Holz; zum Theil mag es aber auch einer Durchtränkung mit Harz, bei den Nadelbäumen, z. B. bei Pinus canariensis, wo sowohl die Markstrahlzellen als auch die Holzzellen mit Harz angefüllt sind, oder einer chemischen Veränderung des Holzstoffes durch das Alter zuzuschreiben sein; so soll nach Bechstein das vor mehreren hundert Jahren zu Bauten verwendete Holz der Tanne bisweilen knochenhart erscheinen, wie dasselbe vom Eichenholz versunkener Schiffe bekannt ist[1]).

Endlich sind auch Einlagerungen mineralischer Stoffe auf die Härte und Dauerhaftigkeit der Hölzer von Einflufs. So enthält das zum Schiffsbau so geschätzte Teekholz (Tectona grandis) viel Kieselsäure, welche entweder formlos, in den Markstrahlen, oder die Gestalt der Zellen annehmend, in den Gefäfsen, vorkommt. Andere Holzarten hinterlassen wieder beim Verbrennen ein ziemlich vollständiges Kreideskelett. (Brosimum guianense).

Während der Bau des Holzes sich in seinen anatomischen Verhältnissen mit dem Alter der Pflanze nicht wesentlich verändert, so dafs der erste Jahresring nicht anders gebaut ist als die folgenden, zeigt die Rinde nach dem Alter des Stammes oder Zweiges oft wesentliche Verschiedenheiten; man mufs deshalb junge und ältere Stammtheile vergleichend untersuchen. Ueber den anatomischen Bau der Rinde haben insbesondere H. v. Mohl[2]), Hartig[3]) und in der neuesten Zeit Hanstein[4]) schöne Untersuchungen geliefert, ich selbst habe vergleichend die Rinde unserer Waldbäume untersucht, gestehe aber mit v. Mohl sehr gern, dafs unsere Kenntnifs vom Bau der Rinde noch höchst mangelhaft ist.

Für die Rinde hat man zunächst zwei Theile zu unterscheiden:

1. Die ursprüngliche oder primäre Rinde, welche ohne Zuthun des Verdickungsringes entstanden ist, und welche anfänglich von einer weichen Oberhaut (Epidermis), welche häufig Spaltöffnungen und Haare besitzt, bekleidet wird. Dieselbe ist jedem ganz jungen Stamm, desgleichen jedem jungen Zweige eigen, sie bleibt aber nicht bei allen Pflanzen, wird vielmehr häufig schon in den ersten Jahren durch Korkbildung unter ihr als Borke abgeworfen. Noch häufiger stirbt ihre Oberhaut durch Bildung einer Korkart unter ihr schon im ersten

---

[1]) Eine ausführlichere Besprechung der Holz- und Rindearten, ihres Baues und ihrer Eigenthümlichkeiten findet man in meinem Baum p. 193—244.
[2]) v. Mohl, vermischte Schriften p. 221, ferner Bot. Ztg. 1855. p. 873.
[3]) Th. Hartig, Naturgeschichte der Holzgewächse.
[4]) Hanstein, Bau und Entwickelung der Baumrinde. Berlin 1853.

Lebensjahre ab, so bei unseren Nadelhölzern, wo die Peridermaschicht (Bd. 1. p. 292) nicht unmittelbar unter der Oberhaut, sondern etwas tiefer im Gewebe auftritt, desgleichen bei unseren Laubhölzern, wo dieselbe in der Regel unmittelbar unter der Oberhaut erscheint und deshalb nur diese verloren geht. Bei Viscum album bleibt dagegen nicht allein die primäre Rinde, sondern auch die Oberhaut derselben für die ganze Lebensdauer der Pflanze; auch bei Ilex aquifolium, bei Opuntia und den blattlosen Euphorbien erhalten sich beide sehr lange. In diesem Falle wächst die primäre Rinde und deren Oberhaut durch Zellenvermehrung und Zellenausdehnung proportional der Verdickung des Stammes. Die Markstrahlen durchsetzen die primäre Rinde niemals; sie besteht aus Parenchymzellen, welche aber nach den Pflanzen in verschiedenen Modificationen auftreten. So findet man namentlich bei krautartigen Pflanzen in der primären Rinde Collenchym (Bd. 1. p. 194) (bei Rheum, Mamillaria, Opuntia), ferner dickwandige verholzte Zellen (bei vielen Cinchona-Arten), ja sogar lange dickwandige und verholzte Zellen, welche den Bastzellen sehr ähnlich sind (bei Ephedra). Im primären Theil der Rinde liegen auch die Harzgänge (bei den Nadelhölzern und bei Myrsine canariensis), welche nur bei wenig Pflanzen auch in der secundären Rinde auftreten (Larix europaea). Das dünnwandige Parenchym der primären Rinde enthält in der Regel Nahrungsstoffe, als Stärkmehl u. s. w., auch ist, wenigstens so lange die Oberhaut verbleibt, immer Blattgrün entweder als Ueberzug der Stärkmehlkörner oder formlos vorhanden, desgleichen finden sich häufig Krystalle.

2. Die nachgebildete oder secundäre Rinde, welche dem Basttheil der Gefäfsbündel ihr Entstehen verdankt und die deshalb gleich dem Holztheil der Gefäfsbündel, und zwar in derselben Weise, von Markstrahlen durchsetzt wird und die Bastzellen, Siebröhren und das Bastparenchym enthält, deren Anordnung in der secundären Rinde nach den Pflanzen verschieden ist. Leider sind manche Verhältnisse der Rinde noch sehr wenig aufgeklärt, auch bietet die Untersuchung hier vielerlei Schwierigkeiten, so dafs ich mich in dem Folgenden nur auf das als sicher Bekannte beschränken und danach den allgemeinen Bau der Rinde näher beschreiben werde. Ueber die Siebröhren, welche erst durch Hartig und v. Mohl bekannt sind, desgleichen über das Bastparenchym habe ich selbst noch zu wenig Erfahrung, auch ist es noch gar nicht bekannt, ob diese Theile beim Alter der Rinde

Veränderungen eingehen, während doch sicher bei vielen Pflanzen die alte Rinde von der jungen ganz verschieden ist, indem in der ersteren Zellenformen auftreten, welche in der letzteren fehlen.

Die secundäre Rinde wächst alljährlich gleich dem Holzring, sie wird deshalb, wenn ihre äufseren, älteren, Schichten nicht abgeworfen werden, alljährlich dicker. Der äufsere Theil der lebendigen Rinde enthält nicht selten Blattgrün; aufserdem findet man in den Markstrahlen und im Bastparenchym desselben namentlich zur Herbstzeit, bei den meisten Pflanzen Stärkmehl in reichlicher Menge, Krystalle erscheinen fast immer und oft in bedeutender Menge in der unmittelbaren Nähe der Bastzellen, die Wand des Parenchyms selbst enthält mehr oder weniger Gerbstoff, weshalb die Rinde vieler Pflanzen zum Gerben verwendet wird. Nur die Lerche bildet Harzgruben in der secundären Rinde. Bei Petraea und Moquilea verkieseln die Zellen.

Die Gegenwart eines Periderma (Bd. 1. p. 293) bedingt die glatte Beschaffenheit der Rinde. So lange dieselbe unter seinem Schutz fortlebt, zeigt der Stamm keine Risse, denn Periderma und ältere, äufsere Rinde wachsen mit einander weiter (Fagus, Carpinus und Ficus Carica, desgleichen in einem beschränkteren Grade auch Abies pectinata). Wo ein Ast vom Stamme abgeht erscheint in solchem Falle eine Rindennarbe, welche bei der Buche und Tanne ein stumpfwinkliges, bei der Birke dagegen ein mehr spitzwinkliges gleichschenkliges Dreieck bildet, was von der Tracht der Zweige abhängig ist und das Fortwachsen des Periderma mit der Rinde beweist. Allein die Mehrzahl der Bäume behält nur für eine gewisse Reihe von Jahren eine glatte Rinde, später entsteht durch Periderma oder Korkbildung im Innern derselben Borke (rhytidoma), und mit dem Auftreten derselben gewinnt der Stamm eine zerrissene abgestorbene Aufsenrinde. Nach der Art des Korkes, welcher die Rinde bekleidet, oder welcher in ihr die Bildung der Borke veranlafst, richtet sich überhaupt das Aussehen der Rinde. Bedeckt ein von aufsen her allmälig absterbender und sich von Innen her eben so allmälig nachbildender Lederkork die Rinde, so bleibt dieselbe immer glatt (Fagus, Carpinus, Ficus Carica, Abies pectinata), wechseln dagegen im Lederkork selbst stark verdickte mit schwach verdickten Schichten, so blättert das Periderma ab (Betula, Prunus Cerasus). Wenn nun ein derartiger Lederkork in das Innere der Rinde eindringt, so lösen sich Borkenschichten vom Stamme (Pinus silvestris, Platanus orientalis, Psidium pomiferum, Ar-

butus canariensis). Die Gestalt dieser Borkenschuppen richtet sich wieder nach der Weise, in welcher die Periderma-Bildung eintritt; so sind dieselben bei der Kiefer durch einen Peridermarand geflügelt. Der Kork der Korkeiche und der Korkbäume überhaupt, welcher ebenfalls schichtenweise fortwächst, blättert dagegen nicht ab, weil der Gegensatz und Grad der Verdickung hier ein ungleich geringerer ist und überdies die Zellen selbst hier sehr elastisch sind[1]). Die Eiche, Weide, Pappel, Erle u. s. w., denen, wenigstens im Alter, eine stark zerrissene Rinde eigen ist, werfen keine Borkenschuppen ab. Die Borke ist für sich selbst todt, ihre leeren Zellen sind vertrocknet, sie enthält dagegen alle Elemente, die Bastzellen u. s. w., welche in dem Rindetheil, aus dem sie entstanden ist, vorhanden waren. Dieselbe Baumart bildet nach dem Individuum bisweilen früher und bisweilen später Borke; man sieht im Walde neben einander Tannen gleichen Alters, die einen mit stark zerrissener Rinde, die anderen dagegen mit durchaus glattem Stamme. Der Holzhauer unterscheidet die glatten Stämme als Glastannen. — Diejenigen Rinden, welche Borke bilden, verdicken sich, wie es scheint, ungleich stärker als solche, welche für die ganze Lebensdauer durch alle ihre Theile thätig bleiben; die Fortbildung der Buchenrinde steht mit dem Wachsthum des Holzes in keinem Verhältnifs, auch die Tanne bildet nur eine verhältnifsmäfsig schwache Rinde, bei der Kiefer dagegen, welche reichlich Borke erzeugt und abwirft, ist die Rindenbildung ungleich stärker.

Fassen wir jetzt die anatomisch-physiologischen Verhältnisse zusammen, so erhalten wir 1. Rinden ohne Borkenbildung: Viscum, Ilex aquifolium, hier bleibt sogar die Oberhaut, welche bei den folgenden abgestorben ist, Fagus, Carpinus, Quercus Suber, Acer campestre, Viburum Lantana, Ficus Carica. 2. Rinden mit Borkenbildung, *a)* dieselbe erfolgt schon im zweiten Jahre bei Vitis, *b)* nach 10 bis 30 Jahren bei Salix, Populus, Quercus Robur, Alnus u. s. w., *c)* nach 50 oder 100 Jahren bei Abies pectinata. 3. Rinden mit glattem Lederkork bedeckt, *a)* derselbe nicht abblätternd, Fagus, Carpinus, Abies, Ficus Carica, Alnus, Quercus Robur, Sorbus aucuparia, jedoch bei den drei letztgenannten Bäumen nur für die ersten 10—30 Jahre, *b)* derselbe in Schichten abblätternd, Betula und Prunus Cerasus. 4. Rin-

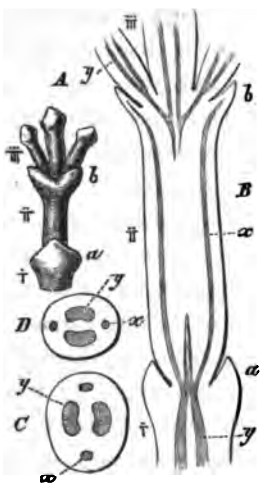
[1]) In Portugal und Spanien schält man die Korkeiche alle 3—5 Jahr, der Kork erneuert sich von innen her und man achtet deshalb zunächst darauf, dafs seine innerste fortbildende Schicht auf der Rinde unverletzt bleibt.

den von einem rissigen Kork bedeckt, Quercus Suber, Ulmus suberosa, Acer campestre. 5. Rinden mit rissiger Borke, *a*) dieselbe schuppenartig abblätternd, die Schuppen bei Pinus silvestris mit geflügeltem Rande, bei Platanus orientalis, Psidium pomiferum ungeflügelt, *b*) dieselbe in unregelmäfsigen Fetzen abblätternd, Vitis, Lonicera, Juniperus, Taxus, Wellingtonia, *c*) dieselbe nicht abblätternd, sondern am Stamm verbleibend, Quercus Robur, Populus, Salix, Picea, Larix u. s. w. 6. Rinden, welche nur einmal, nämlich im ersten Lebensjahre, verholzte Bastzellen bilden, Fagus, Betula, Platanus, Viscum und die Menispermeen. 7. Rinden, welche auch später verholzten Bast nachbilden, *a*) die Bastbildung vom zweiten Jahre ab auf bestimmte Stellen beschränkt, Alnus und Corylus, *b*) mit unbeschränkter Bastbildung, Juniperus, Cupressus, Taxus, Podocarpus, Wellingtonia, wo die verholzten Bastzellen in einfachen Reihen auftreten, oder in Gruppen reihenartig angeordnet sind, bei Salix, Populus, Tilia, Adansania, Bombax, Quercus, Carpinus, Fraxinus u. s. w. 8. Rinden, welchen wenigstens für die ersten Lebensjahre verholzte Bastzellen fehlen, wo aber langgestreckte, unverholzte Zellen mit Siebporen (Siebröhren), in Gruppen angeordnet, deren Stelle vertreten, Pinus, Abies, Picea, Larix. 9. Rinden, welche in ihren älteren Theilen verholzte langgestreckte und bisweilen verzweigte Zellen besitzen, welche ich, da sie erst später entstehen, secundäre Bastzellen genannt habe, Abies, Larix, Pereskia. 10. Rinden mit stark verholzten Parenchymzellen, Fagus, Carpinus, Platanus, Acer, Betula, Alnus, Aesculus und Viburcum Lantana. 11. Rinden ohne verholztes Parenchym, Tilia, Populus, Salix. 12. Rinden mit Harzgängen im primären Theil derselben: Abies, Pinus, Picea und Larix, Myrsine canariensis; bei Larix bilden sich auch später Harzgruben im secundären Theil der Rinde nach. 13. Rinden mit Gummigängen (Opuntia).

Alles was ich bisher über das Dickenwachsthum der Dicotyledonen gesagt habe, gilt zunächst für die Pflanzen mit verholztem Stamm, welche man wohl mit Recht als Typus derselben hinstellen darf, weil bei den krautartigen Gewächsen die normale Ausbildung der Anlage nach vorhandener Theile, z. B. der Holzzellen, häufig unterbleibt; doch gestehe ich gern, dafs mir dieselben weniger als die Gewächse mit verholztem Stengel bekannt sind. Im saftigen Stamm der Balsamina- und Urtica-Arten, desgleichen bei Viola und bei den Cucurbitaceen finde ich immer die normale Anord-

nung wieder, dagegen hat C. Vaupell[1]) für das Wachsthum der Rhizome von Primula, Begonia, Anemone, Pulmonaria u. s. w. interessante Abweichungen angegeben. Das Rhizom der Primula auricula hat nach ihm zerstreute Gefäſsbündel, welche die Gefäſse in der Mitte, das Cambium aber im Umkreis besitzen. Die Rhizome monocotyledoner Pflanzen haben, wie mir längst bekannt ist (Bd. 2. p. 48) ebenfalls einen vom überirdischen Stengel mehr oder weniger verschiedenen, der Wurzel entsprechenden Bau; es kann deshalb nicht sehr befremden, daſs auch der Wurzelstock der Dicotyledonen in seinem Bau vom Stengel abweicht und wie Vaupell angegeben hat, meistens Gefäſsbündel ohne eigentliche Bastzellen besitzt, wie dies auch bei der Wurzel der Dicotyledonen häufig der Fall ist.

Fig. 118.



Ein vom allgemeinen dicotyledonen Wachsthum etwas abweichendes Verhältniſs zeigt auch der Stamm von Arceuthobium (Fig. 118). Hier sind nämlich 4 getrennte Gefäſsbündel vorhanden, welche sich niemals, wie bei Viscum album, zu einem geschlossenen Holzring vereinigen; die beiden kleinen Bündel (*x*) gehen zu den Blättern (*b*), die beiden gröſseren (*y*) dagegen vereinigen sich am Ende des Stengelgliedes und treten darauf als 4 Bündel wieder auseinander. Die Gefäſsbündel selbst sind normal gebaut, ihr Cambium liegt zwischen dem Holzkörper und dem nur wenig entwickelten Basttheil, die groſsen Bündel haben secundäre Markstrahlen. Die einzelnen Stengelglieder scheinen

Fig. 118. Arceuthobium (früher Viscum) Oxycedri. *A* kleiner Theil der Pflanze. I, II, III auf einander folgende Stengelglieder. *a* ein Schuppenblatt von oben gesehen, *b* ein anderes des folgenden Stengelgliedes von der Seite (die Blätter [zwei] sind gegenständig). *B* Dieselbe Figur als Längsschnitt. *C* ein Querschnitt durch das Stengelglied I. *D* Querschnitt durch das Stengelglied II. Die beiden groſsen mit *y* bezeichneten Gefäſsbündel vereinigen sich am Ende jedes Stengelgliedes, indem sie zwei kleinere Bündel (*x*) abgeben, welche in die beiden Blätter verlaufen; da sich nun die Blätter jedes folgenden Stengelgliedes mit den vorhergehenden kreuzen, so wechselt auch die Stellung der Gefäſsbündel mit jedem Stengelgliede. (*A* 4 mal, *B, C* u. *D* 12 mal vergröſsert.)

[1]) C. Vaupell, über das Wachsthum der dicotyledonen Rhizome. Leipzig 1855.

sich später nicht mehr zu verdicken, zum wenigsten sind die untersten Glieder einer aus 8—12 Internodien bestehenden Pflanze nur wenig stärker als die jüngsten Stengelglieder derselben.

Alle Stengel, welche den Gräsern ähnlich, sogenannte Gelenkknoten oder Anschwellungen an denjenigen Orten, wo ein Blatt abgeht, besitzen, als Balsamina, Impatiens, Solanum tuberosum u. s. w., möchten vielleicht an diesem Orte eine ähnliche Vereinigung der Gefäſsbündel als bei Arceuthobium besitzen. Bei Viscum album ist das Ende jedes Stengelgliedes dem Knoten entsprechend, schwächer verholzt, daher brechen hier die übrigens sehr zähen Zweige leicht von einander. Eine Saftverbindung in wagrechter Richtung durch das Mark zum Nutzen der Blätter, findet aber sicher vielfach statt, z. B. bei Ficus Carica, wo das Mark junger Zweige bänderartig von einem saftreichen Gewebe durchzogen ist, das mit einem ähnlichen Gewebe an der Markscheide in Verbindung steht, ferner bei den Gewächsen mit hohlem Stengel, Carica Papaya, Poinsettia u. s. w., wo, den Blättern entsprechend, eine Scheidewand und damit eine ähnliche Saftverbindung bleibt. Vergleichende Untersuchungen des Stammes der krautartigen Gewächse und namentlich der Wasserpflanzen, wären gewiſs sehr zu wünschen; denn gerade diese Pflanzen werden vermuthlich noch mancherlei, durch ihre Lebensweise bedingte Abweichungen vom allgemeinen Bau besitzen. Bei Hippuris vulgaris ist ein geschlossener Gefäſsbündelring und eine von sehr regelmäſsig gestellten Lufträumen durchbrochene primäre Rinde vorhanden.

Was für den Stamm und für die Wurzel im Allgemeinen gilt, findet auch bei den Dicotyledonen seine Anwendung. Da das Längswachsthum eines jeden Stammes unter der Terminalknospe durch Bildung neuer Internodien und Verlängerung derselben erfolgt, aber, wie überall, mit dem Absterben oder mit einer wesentlichen Veränderung der Endknospe aufhört, so lassen sich auch hieraus, nach dem Grade und nach der Weise der Verdickung und der Knospenbildung alle wesentlichen Formverschiedenheiten des dicotyledonen Stammes erklären. Wenn die Terminalknospe des Hauptstammes lange als solche verbleibt, so wächst der Stamm gerade aufwärts (Abies, Pinus, Populus). Die Anordnung, in welcher die Zweige entstehen, wie sie sich wieder verzweigen, welche Richtung sie anfangs annehmen und wie sie sich späterhin tragen, bedingt zunächst den Habitus der Pflanze, welcher bei den Bäumen häufig durch die Art,

in der sie gezogen werden, verändert wird. Ein in dichten Waldbeständen wachsender Baum hat bekanntlich eine ganz andere Tracht als ein, auf einem freien Raum wachsender Baum derselben Art. Im geschlossenen Bestand streben der Stamm und dessen Zweige nach oben, die unteren Aeste sterben ab, der Baum macht sich astrein. Die Kiefer eines Waldrandes hat an der einen Seite die Tracht des einen, an der anderen dagegen die Tracht des anderen Standortes. — Nach der Länge der Stengelglieder und nach der Zahl derselben, welche nach dem Alter der Pflanze verschieden sein kann, richtet sich auch die Länge des Stammes und der Zweige; schon die Palmen zeigen, dafs bei einigen die ältesten, bei anderen die jünsten Stengelglieder länger sind. Wenn die Terminalknospe zur Blüthe wird (bei Viscum), oder wenn sie verkümmert, oder absichtlich genommen wird, so wächst der Hauptstamm nicht mehr in die Länge, er wird alsdann bei unseren Bäumen, so namentlich bei Pinus silvestris, bei Abies pectinata und bei Picea vulgaris, durch einen benachbarten Seitenast, der jetzt den Charakter des Haupttriebes annimmt, ersetzt; bei anderen, z. B. bei der geköpften Weide, bilden sich dagegen statt seiner viele kleine Zweige, die, wie ich vermuthe, wenn auch nicht alle, so doch zum gröfseren Theil aus Adventivknospen entstehen; der Baum gewinnt jetzt ein ganz anderes Ansehen, das Höhenwachsthum des eigentlichen Stammes ist beendet, seine Zweige bilden von nun an eine dichte Krone. — Die wiederholt gablige Theilung des Stammes von Viscum ist eine Folge des Absterbens der zur Blüthe werdenden Terminalknospe eines jeden Zweiges; die beiden unter derselben gelegenen Axillarknospen bilden darauf neue Zweige, deren Terminalknospe gleichfalls, jedoch erst im folgenden Jahre, zur Blüthe wird; daher die so regelmäfsige Verzweigung dieser Pflanze. Das Alter des Viscum-Stammes erfährt man durch die Zahl seiner Stengelglieder. — Alle Verschiedenheiten in der Tracht der Zweige und der Blüthenstände entspringen aus den besprochenen Verhältnissen, und aus der regelmäfsigen oder unregelmäfsigen Entwickelung und Ausbildung der Knospen. Der Gärtner kann sogar die Pflanze zur Bildung eines ihr fremden Habitus zwingen. Wenn man dem Baum die Seitenäste nimmt, wächst sein Hauptstamm stärker, denn die Stoffe, welche sonst zur Fortbildung der Seitenäste verbraucht würden, kommen jetzt dem Haupttriebe zu Nutze; nimmt man dagegen dem letzteren seine Spitze, so befördert man durch ihre

Entfernung das Wachsthum und die Vermehrung der Zweige; man zwingt den Baum oder Strauch, eine Krone zu bilden.

Aeufsere, mechanische, Einflüsse kommen nicht selten für die Ausbildung des Stammes in Betracht. Stämme, welche sich an Felsen reiben, verdicken sich, an der freien Seite in der Höhe, wo sie mit dem Gestein in Berührung kommen (Abies pectinata), stärker als an anderen Stellen. Junge Stämme weicher Hölzer, um welche sich Lonicera Periclymenum rankt, verdicken sich nur da, wo sie nicht von den Ranken umschnürt werden; solche Stämme gleichen einer Wendeltreppe, die in der Mitte von einem cylindrischen Pfeiler getragen wird; der Stamm wird in der umrankten Region stärker verdickt, als an den Theilen, die von der Ranke nicht umschlungen sind. Es scheint demnach, als ob in beiden Fällen durch die mechanische Störung des Wachsthums an bestimmten Stellen, die Thätigkeit der benachbarten nicht behinderten Partieen vermehrt werde. Allein nicht alle Gewächse können ein solches Umranken holziger Schlingpflanzen vertragen; junge mäfsig starke Stämme von Erythrina, Magnolia und andern Holzgewächsen waren in einem Garten zu Funchal von mehr als zollstarken Stämmen der Ipomaea tuberosa schlangenartig umstrickt und durch dieselbe getödtet worden, ohne dafs an den umrankten Theilen ein vermehrtes Dickenwachsthum stattgefunden hätte. Unter einem Hexenbesen, einer abnormen Zweigwucherung, welche bei der Tanne, Kiefer, Birke und Hainbuche nicht selten ist, bildet sich immer eine Holzanschwellung, ebenso unter einem Mistelbusch; hier scheint demnach durch örtlich vermehrte Blätterbildung auch die Holz- und Rindenbildung örtlich vermehrt zu sein.

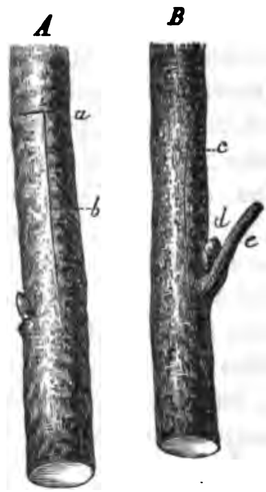
Wenn sich mehrere Bäume einer Art unmittelbar berühren, so verwachsen sie nicht selten mit einander (Abies, Carpinus, Fagus, Tilia). Diese Verwachsung geschieht durch's Cambium oder die inneren lebensthätigen Theile der Rinde; eine Schicht der letzteren trennt jederzeit den Holzring des einen Stammes von dem des anderen. Wenn sich Zweige in ähnlicher Weise berühren, so erfolgt gleichfalls eine derartige Verwachsung, wie dies der Epheu und die auf Madeira in ähnlicher Weise die Mauern bedeckende Ficus stipulata so häufig beweist. Noch leichter als die Stämme und Zweige verwachsen indessen die Wurzeln. — Auf einer Verwachsung beruht ebenfalls die Veredelung eines Baumes durch das Pfropfreis und die eingesenkte Knospe. Das Pfropfreis wird am unteren Ende keilförmig zugeschnitten und in eine

Spalte des frischen Zweigstumpfes gesenkt (Fig. 119). Das Cambium des Pfropfreises mufs mit dem Cambium des Astes, auf den es ge-

Fig. 119.



Fig. 120.



pfropft wird, in unmittelbare Berührung gebracht werden, wenn eine Verwachsung erfolgen soll; treffen beide Theile hier nicht genau auf einander, so vertrocknet das Reis. Wichtig ist aufserdem der vollständige Abschlufs der Luft von der hervorgerufenen Wundfläche. Für das Oculiren oder Einsenken der Knospe eines edleren Stammes in den Stamm einer minder guten Art, gilt dasselbe; auch hier ist die unmittelbare Berührung des Cambiums der eingesenkten Knospe mit dem Cambium des Zweiges, auf dem sie wachsen soll, unerläfslich (Fig. 120).

Fig. 119. Links ein gepropfter, rechts ein copulirter Zweig. Das Copuliren eignet sich für schwächere, das Pfropfen dagegen für stärkere Zweige; beim Copuliren mufs der edle Zweig dem anderen an Dicke entsprechen; beim Pfropfen mufs der edle Zweig viel schwächer als der Ast sein, auf welchen man ihn pfropfen will. Man schiebt zweckmäfsig zwei Pfropfreiser, rechts und links in die Spalte. Die Wunde wird durch Baumwachs und Leinwand verbunden.

Fig. 120. *A* Ein Zweig, welcher oculirt werden soll. *a* Der wagerechte Rindenschnitt, der mit einem scharfen Messer, etwa den halben Zweig umkreisend, zuerst geführt wird. *b* Der senkrechte Rindenschnitt. Man hebt die gespaltene Rinde sorgfältig bei *a* in die Höhe und schiebt in den entstandenen

Wenn die Rinde eines Baumes theilweise verletzt, oder vom Stamme entfernt wird, so leidet das allgemeine Wachsthum nicht sehr merklich, wenn dagegen der Stamm auch nur für eine schmale Strecke rund herum, bis auf den Holzring, entrindet wird, so stirbt der über dieser Zirkelwunde gelegene Theil früher oder später ab; weil der Zusammenhang des Cambiums unter- und oberhalb der Wunde aufgehoben, und dadurch der Saftaustausch in beiden Theilen, wenn auch nicht ganz unterbrochen, so doch sehr beschränkt wird. Dafs noch ein Zusammenhang durch saftführende Zellen des Stammtheils oberhalb der Wunde mit dem unter derselben gelegenen stattfindet, beweist das sogenannte Ringeln der Obstbäume. Der Theil des geringelten Zweiges über der Zirkelwunde wird ungleich stärker verdickt (Prunus, Pyrus), derselbe Theil soll angeblich mehr Früchte tragen, er soll jedoch auch ungleich früher als der nicht geringelte Zweig desselben Baumes absterben. Mir fehlen bis jetzt hierüber eigene Untersuchungen. Ueber die Reproduction der Rinde besitzen wir schöne Beobachtungen von Th. Hartig und von Trécul. Die Rinde ergänzt sich nämlich, so lange noch Cambium vorhanden ist, durch dasselbe, ja sogar die Markstrahlen scheinen, wenn das Cambium entfernt wird, ein neues Cambium zu erzeugen; doch ist ein Abschlufs der Luft z. B. durch Glas nothwendig. Die Wunde bedeckt sich zuerst mit einer Korkschicht und unter ihrem Schutz entwickelt sich darauf die secundäre Rinde.

Auch die Ueberwallung ist eine Bildung des Cambium; sie erscheint sowohl an Orten, wo dem Baum ein Ast genommen wurde, als auch an nahe über der Wurzel abgesägten Stämmen. Nach Göppert[1]) soll sie nur dann erfolgen, wenn die Wurzel des Baumstumpfes mit einem benachbarten kräftigen Baume durch Verwachsung vereinigt ist, so dafs der noch stehende Baum als Nährstamm für den Stumpf auftritt. Ueberwallte Stöcke von Abies pectinata sind an manchen Orten (am Thüringer Wald) gar nicht selten, überwallte Stöcke der Fichte (Picea vulgaris) sah ich im Forstrevier Sachsenried (Bayern). Bei der Buche

Schlitz das Rindenstück *c* des edlen Zweiges *B*, welches die Knospe *d* trägt, so tief zwischen Holz und Rinde herab, dafs der Blattstiel *e* etwa das Ende des Rindenschlitzes (*b*) erreicht. Der letztere wird alsdann sofort mit Bast verbunden.

[1]) Göppert, das Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn 1842.

überwallen (überwachsen) diejenigen Stellen, wo Aeste genommen werden, vollständig, die Wunde schliefst sich nach einer Reihe von Jahren so vollkommen, dafs nur eine Wölbung am Stamm die Stelle des vormaligen Astes bezeichnet. Das Ueberwallen des Aststumpfes der Buche ist mir am lehrreichsten geworden; es zeigt sich hier eine Fortdauer der Holz- und Rindenbildung vom Cambium aus, bis ans freie Ende des Aststumpfes, Holz und Rinde wachsen über denselben hinweg. Die offene Wunde wird schon im ersten Jahre etwas enger; mit der sich alljährlich erneuernden Holz- und Rindenbildung schliefst sich dieselbe darauf mehr und mehr, bis endlich der ganze Stumpf kegelförmig überwachsen und die Wunde vollständig geschlossen ist. Längsdurchschnitte durch die Mitte eines solchen überwallten Stammes zeigen schon mit blofsem Auge das allmälige Vorrücken der neuen Holz- und Rindenbildung über den Stumpf; das junge Holz legt sich über den entblöfsten Holzring, ihn bedeckend und zuletzt kuppelartig verschliefsend. Alte kräftige Buchen am Schlofsberge zu Schwarzburg im Thüringer Walde liefern zahlreiche Beispiele für diese vollständige Ueberwallung. — Ob aber wirklich ein Verwachsen der Wurzeln des gefällten Stammes mit den Wurzeln eines üppig vegetirenden Baumes, wie Göppert und nach ihm Meyer [1]) annehmen, zur Ueberwallung des Stammstumpfes nothwendig ist, vermag ich nicht zu entscheiden; bezweifle es jedoch, weil unter günstigen Umständen sogar Stämme und Aeste der Salix capraea, welche als Scheitholz im Herbst in Klafter gestellt wurden, im nächsten Frühjahr zu überwallen anfingen, und zwar am unteren Ende (Wurzelende) kräftiger als am oberen Ende [2]). Aufserdem findet man nicht selten im Walde überwallte Tannenstöcke, obschon in der näheren Umgebung Bäume derselben Art fehlen. Ich halte deshalb eine Wurzelverwachsung zur Ueberwallung nicht für durchaus nothwendig; dieselbe wird in einem geschlossenen Tannenbestande freilich niemals fehlen, da die Wurzeln der Tannen leicht und häufig mit einander verwachsen. Dafs aber die Ueberwallung sogar ohne eigene Wurzeln, aus der im Stamme selbst aufgespeicherten Nahrung beginnen kann, beweist der von mir angeführte Fall; ich glaube deshalb, dafs die eigenen Wurzeln des Stockes für eine Zeit lang genügen, um eine Holzbildung in demselben fortzuführen, will aber gern zugeben,

---

1) Preufsische Provinzialblätter 1843.

2) Der Güte des Herrn Förster Hauer zu Leutenberg verdanke ich solche Stammstücke.

dafs die Wurzelverbindung mit einem kräftig vegetirenden Stamm die Holz- und Rindenbildung befördern und für längere Zeit erhalten mag.

Bei der Ueberwallung zeigt sich so recht die Unthätigkeit des Holzringes dem Gesammtcambium und der Rinde gegenüber. Ich habe den 1½ Zoll starken Ast einer Buche vor mir, der im fünften Lebensjahre, ¾ Zoll im Durchmesser haltend, wahrscheinlich durch gewaltsames Abreifsen eines Zweiges eine lange, fast bis ans Mark dringende, breite Wunde erhielt; ein achtjähriges, darauf folgendes Wachsthum des Baumes hat die Wunde durch Ueberwallung bis etwa auf eine Linie geschlossen, das neu entstandene überwallende Holz ist durch eine schwache, am äufseren Rande verkorkte, gelb gefärbte, Rindenschicht von dem abgestorbenen Holz der überwallten Wunde geschieden. — Bei weichen Hölzern mit einer sehr thätigen Rinde bildet sich, wenn der Stamm im Inneren, durch Wegfaulen des Markes und älteren Holzes hohl wird, ebenfalls durch Ueberwallung an den offenen Stellen des ausgehöhlten Stammes nach der Höhlung zu neues Holz und neue Rinde; bisweilen entstehen in dieser Ueberwallung Adventivknospen oder Adventivwurzeln, der Baum entsendet in solchem Falle Aeste und Wurzeln in die Höhlung seines eigenen Stammes. Als Prachtexemplar eines derartigen Baumes kann ich eine uralte Linde vor dem Gasthofe zu Schwarzburg bezeichnen; ein fast armdicker, leider gekappter, Ast und mehrere ebenso starke Wurzeln entspringen aus dem überwallten Theil im Inneren dieses herrlichen Baumes[1]). — Der Stamm der Kopfweiden wird bekanntlich sehr bald hohl, in seinem modernden Holz finden sich häufig lange, verzweigte, an ihrer Basis oft sehr starke Wurzeln, die im abgestorbenen Zustande bisweilen einer Rhizomorpha subcorticalis nicht ganz unähnlich sein mögen (Bd. 1. p. 178). Diese Wurzeln entspringen an einer überwallten Stelle aus der Krone des Baumes und nähren sich vom faulenden Holz ihres **eigenen** Stammes.

In dem **Hohlwerden** der Bäume sehen wir den besten Beweis für die Unthätigkeit des Markes und des älteren Holzes; der Splint, oder das junge Holz dagegen mag noch längere Zeit, wenigstens durch seine Markstrahlen und, z. B. bei der Eiche, durch sein Holzparenchym, für die Zwecke des Baumes thätig sein; das Kernholz und das saftlos

[1]) Vor einigen Jahren ist das Innere dieser Linde, in guter Absicht, ausgemauert, und dadurch leider das interessante Präparat den Blicken des Beschauers entzogen worden.

gewordene Mark sind es dagegen sicherlich nicht mehr. Der Stamm der hohlgewordenen Kopfweide, der in demselben Grade wie er durchs Cambium im Umfang neues Holz erhält, von Innen her sein älteres Holz durch Verwesung verliert, beweist ohne Widerrede, dafs der Heerd des Lebens dicotyledoner Pflanzen zwischen Holz und Rinde, also im Gesammtcambium des Stammes liegt.

Durch äufsere Verletzungen, welche Gruben bilden, in denen sich das Regenwasser sammeln kann, werden manche Bäume, z. B. die Eiche und die Linde, hohl; es entsteht nämlich, von der verwundeten Stelle ausgehend, ein Fäulnifsprocefs, der sich immer tiefer in den Stamm hinabzieht und immer weiter um sich greift. Sogar die Fichte (Picea vulgaris) wird, wenn die zur Harzgewinnung in den Stamm gerissenen tiefen Rinnen nicht sorgfältig ausgezogen sind und sich Feuchtigkeit in ihnen sammeln kann, bisweilen hohl; an der Kunststrafse von Blankenburg nach Schwarzburg (Thüringer Wald) findet man mehrfach hohle Fichtenstämme. Die Art der Anzucht der Kopfweide bedingt schon das Hohlwerden derselben. Auch der Baobab (Adansonia digitata) und sogar der Drachenbaum (Dracaena Draco) werden sehr leicht hohl; der alte Drachenbaum zu Orotava ist seinem Einsturz nahe, sein hohler Stamm, welcher schon die Hälfte der Krone verloren hat, ist sehr morsch und durch Ausfüllung mit Mauerwerk gestützt.

Bei den dicotyledonen Pflanzen ist die Knospenausbildung ungleich verbreiteter als bei den Monocotyledonen; die Mehrzahl der Zweige entsteht bei ihnen durch die Ausbildung der Axillarknospen, also nahe der Stammspitze; deshalb bilden sich nur in seltenen Fällen und dann meistens im unteren Theil eines Stammes aus Adventivknospen neue Zweige. Die Zucht des Niederwaldes beruht auf deren Erscheinen; aus den Stöcken oder aus den Wurzeln, die im Boden verbleiben, entspringen neue Zweige, welche unter Umständen sogar zu neuen Bäumen werden können. Die Nadelhölzer eignen sich nicht für diese Cultur, weil sie schwierig oder gar nicht Nebenknospen bilden; die Eiche und der Haselstrauch, desgleichen die Erle, die Birke und die Linde machen dagegen leicht Stock- oder Wurzelausschlag; die Espe treibt an lichten Waldstellen aus allen Wurzeln reichlich Zweige.

Sehr lehrreiche Präparate für die Bildung der Zweige und das Wachsthum des Holzes um dieselben liefert die Verwesung bei der Tanne; man findet dergleichen auf alten Beständen. Ich besitze ein

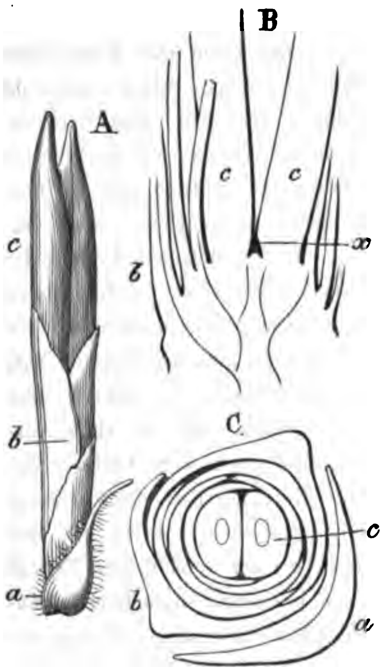
solches Präparat und will dasselbe hier näher beschreiben. Die senkrecht im Hauptstamm verlaufenden Holzzellen sind meistens vermodert und zum allergröfsten Theil entfernt, die den Stamm bogenförmig durchsetzenden Zweige sind dagegen vollständig erhalten, sie endigen nach dem Mark zu mit einer stumpfen, glatten Spitze, verzweigen sich selbst im Holz des Stammes mehrfach, und verdicken sich bei ihrem Verlauf durch den Stamm; das senkrechte Holz des letzteren schlingt sich, wo es erhalten ist, um dieselben. — Wir haben in diesem Präparat Beweise für einige bisher nicht vollständig gelöste Fragen. — Die spitze, glatte Zuschärfung der im Mark endigenden Zweige, deren das besprochene Stammstück mehrere besitzt, beweist das Entstehen dieser Zweige aus Knospen in der Nähe des Vegetationskegels. Aus dem innersten Theil des Stammes, der kaum eine Markscheide gebildet hat, hervorgegangen, mufsten die Zweige, welche sich bald auch durch ihr eigenes Gesammtcambium verdickten, dem Mark zugewandt, mit einer Spitze endigen, denn die zarteren, der Markscheide angehörenden Theile des Gefäfsbündelsystems mufsten der Fäulnifs weichen (Bd. 1. p. 338), während die später entstandenen, stärker verholzten Zellen derselben widerstanden. — Der geschlängelte Verlauf der senkrechten Holzzellen im Stamm, um die denselben durchsetzenden Zweige, welche hier immer, den zum Blatte gehenden Gefäfsbündeln der Palmen ähnlich, Bogen beschreiben, beweist aufs schlagendste, dafs genannte Zweige nicht durchs Holz des Stammes gewachsen sind, dafs vielmehr letzteres, als später entstanden, sich in seiner Ausbildung nach ihnen richten mufste. Die nach dem Umkreis des Stammes zunehmende Stärke der das Holz durchsetzenden Zweige zeigt aufserdem, dafs selbige sich, so lange sie frei waren und sich ungehindert entwickeln konnten, verdickten; der geschlungene Verlauf des jüngeren Holzes um einen alten Ast beschreibt deshalb einen ungleich stärkeren Bogen, als um einen später entstandenen Zweig von geringerem Durchmesser. Das den Zweig umschlingende Holz ist **nicht** mit ersterem verwachsen, weil die Rinde des Zweiges hier eine solche Verwachsung verhindert. Der Zweig kann, soweit er vom Holz des Hauptstammes umschlungen ist, sich selbst nicht mehr verdicken.

Noch mufs ich der verkürzten Zweige oder der sogenannten Dappelnadeln unserer Kiefer gedenken, welche dem Nadelkranz der Lerche (Fig. 92. p. 17) ähnlich sind, sich aber 1. dadurch von ihm unterscheiden, dafs nur wenig Blätter als Nadeln ausgebildet werden,

und dafs 2. ihr Vegetationskegel abstirbt und nur bei einigen Pinus-Arten in bestimmten Fällen weiter treibt, während der verkürzte Zweig der Lerche viele Jahre hinter einander Blätterkränze entwickelt. — Die Doppelnadel unserer Kiefer, am Grunde von einer Scheide häutiger Deckschuppen umgeben, entspringt in der Achsel eines als Deckblatt der Triebknospe dienenden schuppenförmigen Blattes (Fig. 121). Bei der Keimpflanze der Kiefer dagegen ist dieses Deckblatt als einfache Nadel ausgebildet (Fig. 122), und ebenso verhält sich der Knospen-

Fig. 122.

Fig. 121.



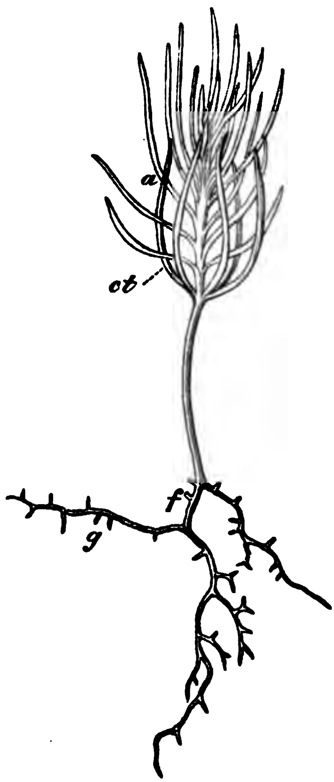


Fig. 121. *A* Der verkürzte Zweig der gemeinen Kiefer (Pinus silvestris) noch ehe derselbe vollständig entfaltet ist, 8 mal vergröfsert. *a* das Deckblatt der Achselknospe, aus welcher der verkürzte Zweig hervorging, *b* die aus häutigen Deckblättern, welche der Achselknospe selbst angehören, entstandene Scheide, *c* eine der beiden Nadeln. *B* Der Längsschnitt durch die Mitte eines solchen Zweiges, *b* u. *c* wie bei *A*, *x* der kleine Vegetationskegel zwischen den beiden

ausschlag am Stamme der canarischen Kiefer. Im ersten Jahre fehlen hier die verkürzten Zweige, sie entstehen aber schon im zweiten Jahr, und zwar sowohl in der Achsel der als Nadeln ausgebildeten Blätter am Trieb des ersten Jahres, als auch in der Achsel der Knospenschuppen am Trieb der folgenden Jahre. Pinus canariensis macht, wenn ihr viele Aeste genommen werden, reichlich Knospenausschlag, der oftmals den ganzen Stamm bekleidet; sie treibt in diesem Falle auch aus dem Vegetationskegel der verkürzten Zweige, gleich der Lerche (Fig. 92. *d*), schlanke Triebe, was bei unserer Kiefer, für welche die Bildung von Nebenknospen durchaus unbekannt ist, nur als seltene Ausnahme vorkommt. — Verkürzte, aus einer von häutigen Deckblättern gebildeten Scheide hervorbrechende Zweige sind allen wahren Pinusarten eigen, die Zahl der Nadeln, welche die Scheide umschliefst, ist dagegen nach den Species verschieden; so haben Pinus silvestris, Pinus Pumilio und Pinus Pinea 2 Nadeln, Pinus canariensis besitzt 3, und zwar über einen Fufs lange Nadeln, und Pinus Strobus, desgleichen Pinus Cembra sind mit 5 Nadeln versehen.

XII. Das Blatt.

§. 45. Das Blatt (folium) entsteht unter dem Vegetationskegel eines Stammes; es kann aus sich keine neue Blätter bilden, weil ihm selbst der Vegetationskegel mangelt. Das Blatt ist ein Seitenorgan des Stammes, bestimmt dessen thätige Oberfläche zu vermehren und, gleich der grünen Rinde, der Pflanze Luftnahrung zuzuführen, während es selbst vom Stamme aus Bodennahrung erhält. — Das Wachsthum des Blattes erlischt an seiner Spitze zuerst, es wächst an seiner Basis, und nach der Vertheilung der Gefäfsbündel gleichzeitig noch an verschiedenen Theilen seiner Fläche weiter, bis es seine volle Ausbildung erreicht hat. Seine Lebensdauer ist verschieden, es trennt sich früher oder später vom Stamme. — Wenn im

Nadeln. *C* Querschnitt durch die Basis eines solchen noch nicht entfalteten Zweiges. Die Bezeichnung wie bei *A* u. *B*. *B* u. *C* sind 20mal vergröfsert.

Fig. 122. Die Keimpflanze von Pinus silvestris im ersten Sommer. *a* Der aus der Stammknospe hervorgegangene Stamm, *ct* die Samenlappen, *f* die Pfahlwurzel, *g* Seitenwurzeln.

Gewebe des Blattes eine Stammknospe entsteht, so kann sich aus derselben eine neue selbstständige Pflanze entwickeln, direct kann dagegen das Blatt niemals zum Zweig oder zur neuen Pflanze werden, und ebensowenig kann es direct Wurzeln erzeugen.

Schleiden[1]) hat wohl zuerst die richtige Unterscheidung des Blattes nach der Art seines Wachsthums geliefert. Obschon er übersehen, dafs das Blatt nicht allein an seiner Basis, sondern vielfach auch gleichzeitig an verschiedenen Orten seiner Fläche fortbildungsfähig ist, wie dies von Griesebach[2]) zuerst nachgewiesen wurde, bleibt es doch unbestreitbar richtig, dafs seine Spitze in allen Fällen zuerst aufhört sich fortzubilden. Steinheil[3]), v. Merklin[4]), Nägeli[5]) Benjamin[6]) und ganz besonders Trécul[7]) haben die Gesetze, nach welchen sich die verschiedenen Blattgestalten entwickeln, zu erforschen gesucht; die Beobachtungen der letztgenannten Herren stimmen zu meiner grofsen Freude mit meinen eigenen Untersuchungen[8]) so vollkommen überein, dafs sie sich gegenseitig stützen und ergänzen. — v. Mohl[9]) hat gegen Mirbel, und mit Recht, das Wachsthum des Gefäfsbündels im Palmenblatte von der Basis aus verfochten; auch nach Karsten[10]) sind in der Spitze der Palmenblätter die Gefäfsbündel weiter ausgebildet. Ich halte den Grad der Ausbildung der letzteren für das sicherste Kennzeichen der Entwickelungsstufe eines Pflanzentheils, indem die Gefäfsbündel mit demselben wachsen und sich mit ihm ausbilden. — E. Meyer[11]), Münter[12]) und Griesebach haben Messungen über das Wachsthum der Blätter angestellt, für die Entwickelungsgeschichte der Blätter kryptogamer Pflanzen hat Hofmeister[13]) schöne Beiträge geliefert, desgleichen hat Caspary die Entwickelung des Victoria-Blattes in ihren verschiedenen Momenten verfolgt. Ueber die Stellung der Blätter am Stamm haben wir sehr ausgedehnte Arbeiten von Alexander Braun[14]) und von Carl Schimper[15]), desgleichen durch die Gebrüder Bravais[16]) erhalten und Hanstein[17]) hat kürzlich das Verhältnifs der Gefäfsbündel im Stamm zur Blattstellung zu ermitteln versucht. — Ich halte mich im Folgenden zunächst an meine eigenen Untersuchungen.

---

1) Schleiden, Grundzüge der Botanik. 1. Aufl.

2) Griesebach in Wiegmanns Archiv 1844. p. 134.

3) Steinheil, Observations sur le mode s'acroissement des feuilles. Annales des sciences 1837.

4) v. Merklin, Entwickelungsgeschichte der Blattgestalten. Jena 1846.

5) Nägeli, Zeitschrift für Botanik 1844 u. 1846.

6) Benjamin, Zur Phyllogenese. Bot. Zeitung 1856. p. 871.

7) Trécul, sur la formation des feuilles. Annales des sciences 1854.

8) Schacht, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. p. 1—28. Berlin 1854.

9) v. Mohl, Vermischte Schriften. p. 180.

10) Karsten, Die Vegetationsorgane der Palmen. p. 84.

11) Linnaea 1832.

12) Linnaea XV und botanische Zeitung 1843.

13) Caspary, Tägliche Periode des Wachsthums des Blattes von Victoria regia. Flora 1856. p. 129.

14) W. Hofmeister, Die Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen.

15) A. Braun, Vergleichende Untersuchungen über die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen. Nova Acta Acad. C. L. Tom. XIV. Derselbe, Ueber die Möglichkeit eines wissenschaftlichen Verständnisses der Blattstellung. Flora 1835.

16) L. u. A. Bravais, Mémoires sur la disposition géométrique, des feuilles et des inflorescences etc. Paris 1838.

17) Hanstein, Zusammenhang der Blattstellung mit dem Bau des dicotyledonen Holzringes. Pringsheims Jahrbücher. Bd. 1. p. 233—283.

Bei den Laub- und Lebermoosen begegnen wir zuerst dem wirklichen Blatte, denn bei den höheren Algen, für welche NÄGELI[1]) schon Stamm und Blätter unterscheidet, sind beide oftmals noch nicht scharf genug getrennt, um sie allgemein annehmen zu können, ebenso bei den Charen, deren quirlförmig gestellte Seitenäste von Einigen, und vielleicht mit Recht, als Blätter gedeutet worden, da sie, wie NÄGELI u. A. BRAUN[2]), nachgewiesen haben, dem Wachsthumsgesetz des Blattes folgen und sich dadurch wesentlich vom Stamm der Charen unterscheiden, welcher gleich dem Stamm der höheren Pflanzen an seiner Spitze fortwächst und unter derselben neue Blätter bildet.

Der Anfang eines Blattes erhebt sich überall unter dem Vegetationskegel der Stammspitze zuerst als kleines Wärzchen, das sich immer mehr hervorschiebt und bald eine bestimmte, meistens flächenförmige Gestalt annimmt. Nur bei den Laub- und Lebermoosen (Sphagnum, Jungermannia anomala, Frullania tamarisci), wo das fertige Blatt aus einer einzigen Zellenschicht besteht, gelang es mir, seinen Ursprung bis zur ersten Zelle rückwärts zu verfolgen. Bei allen höher entwickelten Pflanzen, wo das Blatt später aus mehreren Zellenlagen besteht, sind dessen erste Zellen viel zu klein, um sie mit Sicherheit vom Gewebe des Vegetationskegels unterscheiden zu können.

Anfänglich wächst das Moosblatt allerdings, wie es NÄGELI beschrieben hat, an seiner Spitze, bald aber hört dieser Theil auf, neue Zellen zu bilden, und es wächst alsdann durch Bildung neuer Zellen in seinem unteren Theile. Nach den verschiedenen Gestalten der Lebermoosblätter, welche bekanntlich keinen Mittelnerv, überhaupt kein Gefäfsbündel besitzen, dauert bald die Zellenbildung in der Mitte, bald am Rande des Blattes länger fort; im ersten Falle wird das Blatt gewölbt (bei Sphagnum cymbifolium und bei Frullania, wo namentlich zur Bildung des helmförmigen Anhängsels die Zellenbildung in der Mitte noch lange fortdauert, wenn sie am Rande bereits aufgehört hat); die Wölbung solcher Blätter ist eine natürliche Folge ihres Wachsthums. Im anderen Falle entstehen die so verschiedenen Formen zerschlitzter oder zertheilter Blätter, deren specielle Entwickelungs-Geschichte noch nicht bekannt ist.

---

[1]) NÄGELI, Wachsthum und Begriff der Blätter. SCHLEIDEN und NÄGELI, Zeitschrift für wissenschaftl. Botanik. Heft 3—4.

[1]) A. BRAUN, Die Richtungsverhältnisse des Saftstromes der Characeen. Monatsbericht der Berliner Akademie 1852.

Dem Moosblatt ähnlich erfolgt nun die Bildung eines jeden Blattes überhaupt. Unter dem Vegetationskegel der Stammknospe tritt ein Complex kleiner Zellen hervor, welcher sich mehr und mehr erhebt und ein warzenförmiges oder wulstförmiges Ansehn gewinnt (Fig. 123 *c*). Die einzige Verschiedenheit, welche sich beim ersten Entstehen der Blätter kund giebt, ist durch die Weise ihrer Anordnung unter dem Vegetationskegel bedingt. Ein stengelumfassendes Blatt bedarf nämlich zu seiner Entstehung des ganzen Umfanges der Stammspitze; die anfangs warzenförmige Erhebung, welche der Mittellinie des jungen Blattes entspricht, breitet sich in diesem Falle nach beiden Seiten aus, sie wird zu einem Wulst, welcher bald den ganzen Vegetationskegel umfafst (Fig. 124). Zwei gegenständige Blätter treten dagegen gleichzeitig mit einander, als kleine Wärzchen unter dem Vegetationskegel hervor, sie theilen sich darauf in den Umkreis desselben, indem jede Blattanlage für sich einen Halbkreis bildet. (Fig. 125.) Treten noch mehr Blattanlagen auf gleicher Höhe hervor, so nimmt in diesem Falle ein jedes Blatt einen um so kleineren Theil des Umkreises für sich in Anspruch u. s. w. Sind die ausgebildeten Blätter dagegen spiralförmig am Zweige gestellt und sind überdies Nebenblätter vorhanden, so entstehen im

Fig. 123.

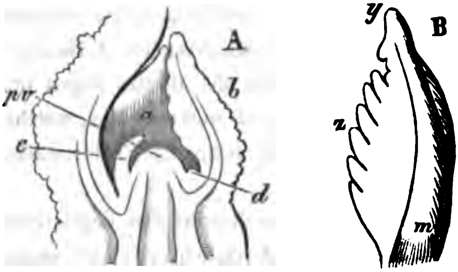


Fig. 124.

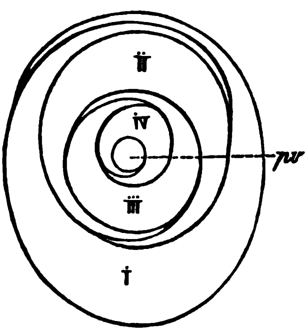
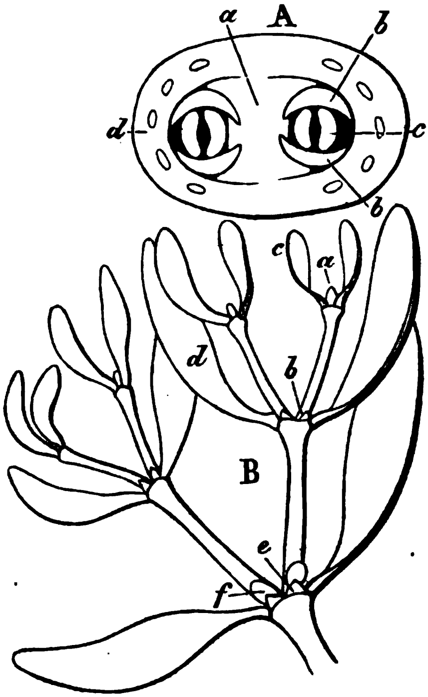


Fig. 123. Alnus glutinosa. *A* Die Spitze eines Zweiges im Frühling als Längsdurchschnitt, *pv* der Vegetationskegel, *a* das eine der Nebenblätter des Blattes *b*; *c* ein viel jüngeres Blatt, *d* die Knospe, welche bereits in der Achsel des Blattes *b* entstanden ist. *B* ein etwas späterer Zustand eines Blattes, *m* der Mittelnerv, *y* der Endzahn, *z* die Zähne des Blattrandes. (Vergröfserung 40 mal.)

Fig. 124. Querschnitt durch die Endknospe von Saccharum officinarum. I—IV die dem Alter nach auf einander folgenden Blätter, *pv* der Vegetationskegel. (Vergröfserung 10 mal.)

letzteren Falle drei warzenförmige Erhebungen, welche nach der Art der Blattstellung einen gröſseren oder geringeren Theil des Stammumkreises beanspruchen (Fig. 126). Während demnach das stengelumfassende Blatt für sich allein den ganzen Umkreis der Stammspitze verbraucht, sich die beiden gegenständigen Blätter aber zu 2 in diesen Umfang theilen, vermehrt sich bei den Blattquirlen noch die Zahl der Blätter, welche mit einander auf gleicher Höhe angelegt werden und ihrer Zahl entspricht natürlich der Antheil der Stammspitze, den sie für ihre Ausbildung in Anspruch nehmen.

Fig. 125.

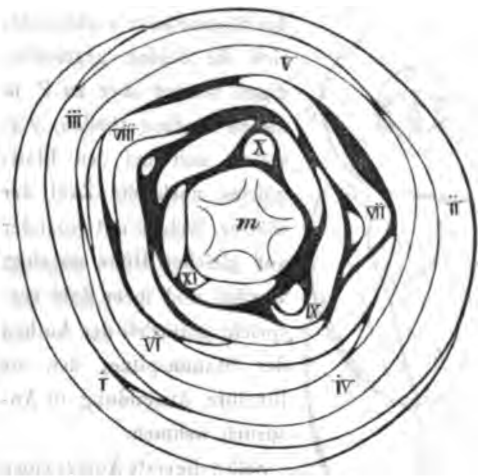


Selbst die erste Anlage einer Knospe in der Achsel eines jungen Blattes ist von einer Blattanlage ursprünglich nicht zu unterscheiden, denn beide bilden eine aus kleinen zarten Zellen bestehende Erhebung (Fig. 88. p. 9). Die Stellung der Knospe in der Achsel eines Blattes und die verschiedene Weise der späteren Ausbildung zeigen hier erst den ungleichen Werth. Die junge Knospe bildet nämlich in der Regel schon frühzeitig unter ihrer Spitze, welche zum Vegetationskegel wird,

Fig. 125. Viscum album. *A* Querschnitt durch die Zweigspitze im Winter, *a* die Basis der Endknospe, welche zur Blüthe wird und die zu jeder Seite eine Achselknospe besitzt, welche zwei Blattkreise (*b* u. *c*) gebildet hat, *b* u. *b* bleiben im Frühjahr als kleine Schuppen am Grunde des neuen Zweiges (*B, b*), *c* u. *c* dagegen erheben sich im kommenden Frühjahr von dem neu entstandenen Stengelglied getragen (*B, c*) und werden groſse Laubblätter; *d* das vorjährige Laubblatt des Mistelzweiges *B*, dessen kleines schuppenförmiges Knospendeckblatt *e* am Grunde seines Stengelgliedes sitzt, *f* eine in der Achsel des Schuppenblättchens entstandene Knospe, die entweder zur Blüthe oder zum Zweig wird. (*A* ist 40mal vergröſsert.)

Blattanlagen, während das Blatt, in dessen Achsel sie entstand, aus sich keine Blätter erzeugen kann, sich vielmehr als einfaches oder zusammengesetztes Blatt ausbilden mufs.

Fig. 126.



Mit dem Auftreten der Blattanlage unter dem Vegetationskegel gehen auch Gefäfsbündel vom Stamme aus in dieselbe, um sich im Innern des Blattes als sogenannte Nerven mit demselben weiter auszubilden. Nach der Vertheilung dieser Nerven richtet sich nunmehr das Wachsthum des Blattes, dessen Spitze unter allen Verhältnissen am frühesten unthätig wird [1]).

Ich unterscheide mit Schleiden vier Arten der Blätter, nämlich: 1. Keimblätter oder Samenlappen (Cotyledones), 2. Knospenschuppen oder

Fig. 126. Quercus Robur. Querschnitt durch die Endknospe des Zweiges. i—vi Deckblätter oder Knospenschuppen, vi—ix dagegen Blätter mit ihren beiden Nebenblättern, *m* das 5kantige Mark der Stammspitze. (Vergröfserung 40mal.)

[1]) H. Crüger hat in neuester Zeit diejenigen Bildungen im Pflanzenreich, welche, kaum angelegt, wieder absterben, Vorläufer genannt. (Die Vorläufer. Bot. Zeitung 1856. p. 545.) Die frühzeitig absterbende Spitze des Blattes ist nach ihm der Vorläufer desselben, ebenso hat der Zweig, welcher an seiner Spitze abstirbt, nach ihm, einen Vorläufer. Crüger eifert bei dieser Gelegenheit gegen diejenigen Botaniker, nach welchen das Blatt immer an seiner Spitze zuerst fertig ist; allein wenn er für das Blatt einen Vorläufer annimmt, so sagt er mit anderen Worten dasselbe. Ich weifs sehr wohl, wie schwer es ist, eine scharfe, überall passende Definition des Blattes zu geben, glaube jedoch, dafs wir durch Annahme der Vorläufer nicht viel gewinnen, wenigstens nichts Neues lernen. Die früher als die übrigen Theile des Blattes unthätig werdende Spitze kann überdies nicht wohl als ein besonderes Organ, als Vorläufer, betrachtet werden, da sie sich nicht als solches scharf abgliedert; auch stirbt der Zahn eines jeden gezähnten Blattes in derselben Weise ab, wie dessen Spitze (siehe weiter oben), was schon bei den Lebermoosblättern, wo eine Zelle retortenförmig hervortritt und darauf ihren grüngefärbten Inhalt verliert (Gottsche, über Haplomitrium Taf. XV. Fig. 7 u. 11) bekannt ist. Wir müssen einmal, um uns verständigen zu können, Blatt und Stamm unterscheiden.

Knospendeckblätter (tegmenta), 3. Laubblätter oder Stengelblätter (folia caulina), 4. zur Blüthe gehörige Blätter (phylla), mufs jedoch bemerken, dafs diese Eintheilung keinesweges scharfe Grenzen bildet, indem es Keimblätter giebt, die von den später entstandenen Laubblättern weder der Gestalt noch der Function nach verschieden sind (Cyclamen), desgleichen Knospenschuppen, welche ganz allmälig in die Laubblätter übergehen (am zweiten Trieb von Aesculus u. s. w.[1]).

§. 46. Die Keimblätter (Cotyledones) oder die ersten Blattorgane einer durch geschlechtliche Zeugung entstandenen phanerogamen Pflanze sind schon im Embryo vor seiner Keimung vorhanden, sie dienen später der keimenden Pflanze in der einen oder der anderen Weise zur Ernährung. Die monocotyledonen Gewächse sind mit einem Keimblatte versehen, die dicotyledonen Pflanzen besitzen dagegen in der Regel deren zwei. Cyclamen hat nur ein Keimblatt, das von den später entstehenden Laubblättern weder im Bau, noch in der Gestalt und Function wesentlich abweicht (Fig. 127), die Abietinen besitzen dagegen 4—12 Samenlappen, deren Zahl für dieselbe Pflanze nicht einmal constant ist (Fig. 128). Aber

Fig. 127.

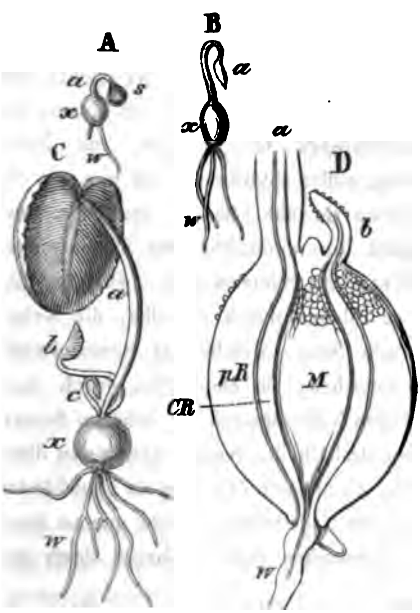


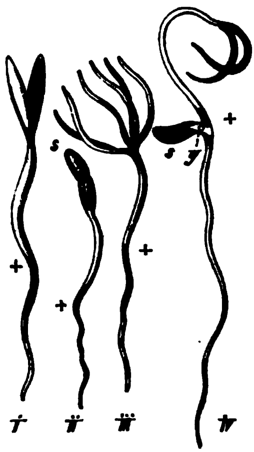
Fig. 127. Cyclamen europaeum. *A* keimender Same, *s* die Samenschale, *a* der Blattstiel des Samenlappens, *x* die Achse der Keimpflanze, *w* Wurzeln. *B* Etwas ältere Keimpflanze. Die Bezeichnung wie vorhin. *C* Noch ältere Keimpflanze. Der Samenlappen *a* entspricht vollkommen den nachherigen Blättern *b* u. *c*. *D* Längendurchschnitt von *B*; *m*. Mark, *cbR* Cambiumring, *pR* primäre Rinde, *a* Blattstiel des Samenlappens, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel. (Vergröfserung 15mal.)

---

[1]) C. Schimper, Wydler u. A. Braun unterscheiden 1. Niederblätter (die Knospenschuppen und die schuppenförmigen Blätter der Rhizome u. s. w.). 2. Laubblätter, 3. Hochblätter (Blätter, aus deren Achsel eine Blüthe hervorgeht),

nicht alle Gewächse sind mit Keimblättern versehen; in beiden Abtheilungen der Phanerogamen finden wir Embryonen ohne Samenlappen, so bei sämmtlichen Orchideen, bei den Orobancheen, Monotropa, Hydnora, Rafflesia und nach Schleiden bei einigen Cactus- und Cuscuta-Arten.

Fig. 128.



Nach der Weise eines Blattes unter dem Vegetationskegel der Stammknospe des Keimes entstanden (Fig. 84. p. 6), ist der Bau und die Gestalt der Keimblätter nach der Function derselben für die junge Pflanze verschieden. Es kommt hier zuerst in Betracht, ob ein Sameneiweiſs vorhanden ist oder nicht; im ersten Fall liegt der Keim in einem, im Embryosack entstandenen, mit Nahrungsstoffen (Stärkmehl, Oel u. s. w.) erfüllten Gewebe, im anderen Falle umgiebt ihn unmittelbar die Samenschale. Wenn ein Sameneiweiſs vorhanden ist, so ernährt sich zuerst die junge Pflanze durch dasselbe, die Keimblätter sind alsdann an derjenigen Seite, welche das Sameneiweiſs berührt, mit einem Epithelium versehen, sie empfangen durch dasselbe die sich allmälig verflüssigenden Nahrungsstoffe, welche im Samen aufgespeichert sind und verlassen deshalb den Samen erst, wenn diese Nahrung verzehrt ist, um von da ab für eine Zeit lang als Laubblätter zu fungiren. So die Keimblätter der Nadelhölzer, welche nur an ihrer oberen Seite mit Spaltöffnungen versehen sind, während doch bei

Fig. 128. *I* Keimpflanze von Thuja, *II* u. *III* Keimpflanze von Pinus silvestris, *IV* Keimpflanze von Ephedra. *s* der Same, welcher bei Thuja und Pinus über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweiſs verbraucht ist, abgestreift wird (*II*), bei Ephedra dagegen in der Erde verbleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Der obere Theil des Sameneiweiſses, welcher mit der Kernwarze (*y*) hervortritt, vermittelt die Ernährung durch das Sameneiweiſs. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

---

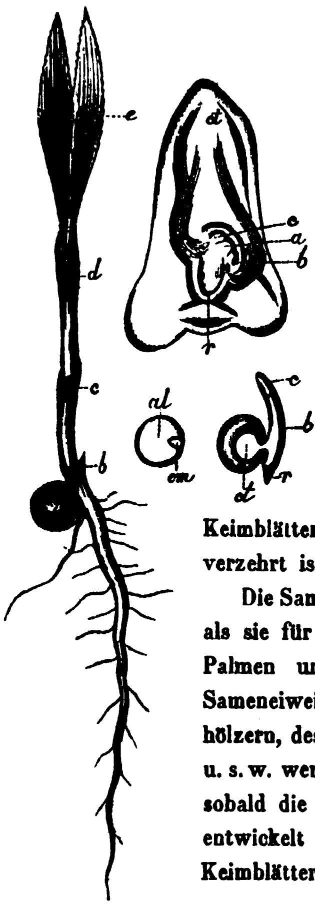
welche Unterscheidung für die rein morphologische Betrachtung der Blattformation vielleicht den Vorzug verdient (Bot. Zeitung 1844. p. 625), da sich nach ihr mit Benutzung der Anfangsbuchstaben N. L. H. leicht ein Schema für die Blattfolge am Stamm einer gegebenen Pflanze aufstellen läſst (A. Braun, das Individuum der Pflanze. Berlin 1853.)

Abies gerade die untere Seite der Nadel Spaltöffnungen besitzt und selbige der Oberseite fehlen. Nur bei Ephaedra kommt das merkwürdige, mir für keine andere Pflanze bekannte Verhältnifs vor, dafs eine eigenthümlich gebaute Partie des Sameneiweifses sammt der Kernwarze mit der keimenden Pflanze den Samen verläfst und demselben allmälig die Nahrungsstoffe des in letzterem zurückgebliebenen Theiles zuführt (Fig. 128).

Ferner ist zu unterscheiden, ob die Keimblätter überhaupt jemals den Samen verlassen, oder ob sie immer in demselben verbleiben. Keimblätter, welche nur so lange, als Sameneiweifs vorhanden ist, im Samen verbleiben, dann aber hervortreten, zeigen uns die Nadelhölzer, ferner Tilia, Coffea u. s. w., sie sind durch ihren Bau für beide Lebensweisen geschickt, das Epithelium ihrer unteren Blattseite vermittelt, so lange sie im Samen verweilen, die Resorption des Sameneiweifses, die mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut der oberen Blattseite macht sie dagegen später zum Dienst über der Erde geschickt. — Samenlappen, welche sofort hervortreten, besitzen, mit Ausnahme von Ephedra, nur solche Pflanzen, welche kein Sameneiweifs zu verzehren haben, als Fagus, Acer, Ulmus, Betula und Alnus. Die Keimblätter der beiden zuerst genannten Pflanzen sind verhältnifsmäfsig grofs und gewähren deshalb der Luft eine bedeutende Berührungsfläche. Bei allen von mir untersuchten Samenlappen dieser Art ist die Unterseite mit Spaltöffnungen versehen, sie sind sämmtlich, gleich dem Laubblatte, durch Bildung von Chloryphyll in ihren Zellen grün gefärbt. Keimblätter, welche niemals den Samen verlassen, finden wir endlich sowohl bei Pflanzen mit Sameneiweifs als auch bei eiweifslosen Samen. Im ersten Falle ist das Keimblatt nur für die Aufsaugung der Nahrungstoffe geschickt, es vergröfsert sich in dem Mafse als es das Sameneiweifs in seiner Umgebung verzehrt hat; eine epitheliumartige Oberhaut und zahlreiche Gefäfsbündel in einem saftreichen zartwandigen Parenchymgewebe begünstigen dieses Geschäft. Die Keimung der Palmen (Fig. 129), der Gräser und unter den Dicotyledonen der Cycadeen zeigt uns dies Verhältnifs. Bei Cycas sind zwei Keimblätter vorhanden, welche aber nur an ihrer Basis getrennt sind, bei Zamia spiralis hat das vereinigte Ende gar die Gestalt eines einzigen jungen Wedels; ich vermuthe deshalb, dafs sich hier nur ein Keimblatt weiter ausgebildet hat und das zweite nur in seinem Basaltheil vorhanden, mit dem anderen verwachsen

ist[1]). Bei Canna, wo ein eigentliches Sameneiweifs fehlt, zehrt das Keimblatt von dem Gewebe des Knospenkerns, der hier dessen Stelle vertritt, ebenso bei Strelitzia. — Im zweiten Fall enthält der Samenlappen selbst, welcher alsdann in der Regel fleischig ist, eine grofse Menge Nahrungsstoffe, als Stärkmehl, fettes Oel u. s. w. aufgespeichert, Gefäfsbündel durchziehen auch ihn; er liefert der jungen Pflanze aus sich die erste Nahrung, während die vorhin betrachteten Arten der Keimblätter sämmtlich in der einen oder in der anderen Weise nur als Vermittler für die Ernährung auftreten; dagegen kann derselbe aber nicht, wie jene von aufsen her neue Nahrung zuführen (Quercus, Juglans, Castanea, Aesculus, Pisum). Solche Keimblätter sterben ab, sobald ihr Nahrungstoff verzehrt ist.

Fig. 129.



Die Samenlappen dauern überhaupt nur so lange als sie für die junge Pflanze nützlich sind; bei den Palmen und Gräsern vergehen sie sobald das Sameneiweifs durch sie verzehrt ist; bei den Nadelhölzern, desgleichen bei der Buche, dem Kaffestrauch u. s. w. werden sie, gleich Laubblättern, abgeworfen, sobald die junge Pflanze hinreichend eigene Blätter entwickelt hat. — Blattgrün findet sich nur in den Keimblättern über der Erde.

Fig. 129. Der runde Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergröfsert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat, *a* der Vegetationspunkt der Stammknospe, *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt, *al* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen, *em* der Keim.

[1]) Karsten hat bei Zamia muricata die Keimentwickelung verfolgt, und anfangs 2 vollkommen getrennte, gleich lange Sammenlappen gefunden, die Verwachsung erfolgt später, unterbleibt auch bei ungleicher Länge der Samenlappen bisweilen. Abhandl. der Berliner Akademie 1856.

Die Gestalt der Samenlappen ist nach den Pflanzen sehr verschieden. Nur selten entspricht sie g e n a u den späteren Laubblättern (bei Cyclamen), in der Regel weicht sie mehr oder weniger von ihnen ab; so hat die Linde (Tilia) (Fig. 130) tiefgespaltene und umgekehrt der Ahorn (Acer) ungetheilte Keimblätter, während doch die Laubblätter des ersten Baumes ungetheilt und gerade die des anderen getheilt sind. Noch weniger entsprechen diejenigen Samenlappen, welche den Samen niemals verlassen (Juglans, Quercus, Castanea, sowie Phönix, Chamaedorea, Triticum u. s. w.), dem Laubblatt; sie machen in der Regel den gröfsten Theil des Keimes aus, während die Achse, welche durch sie ernährt werden soll, nur sehr klein erscheint. Bei den Monocotyledonen umfafst gar das einzige grofse Keimblatt scheidenartig die kleine Stammknospe, welche bei den drei zuletzt genannten Pflanzen schon einige Blattanlagen besitzt; seine Gestalt hat mit dem Laubblatt kaum etwas gemein; nur der Scheidentheil desselben tritt beim Keimen hervor und verlängert sich mehr oder weniger (Fig. 85. p. 6. Fig. 129). Die Keimblätter der Abietineen entsprechen dagegen schon mehr den nachherigen Nadeln, sie sind auch wie diese mit einem centralen Gefäfsbündel versehen. Bei den

Fig. 130.

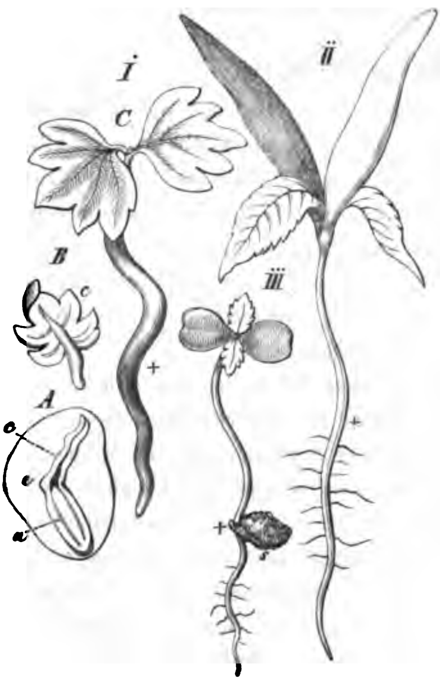


Fig. 136. Keimung. I Tilia europaea. *A* Der Same im Längsschnitt, *a* die Achse des Keimes, *c* Samenlappen, *e* Sameneiweifs. *B* Der Keim aus dem Sameneiweifs herausgenommen. *C* Junge Keimpflanze mit gespaltenen Samenlappen, II die Keimpflanze von Acer platanoides, III die Keimpflanze von Ulmus campestris. + Die Grenze des Stammes und der Wurzel.

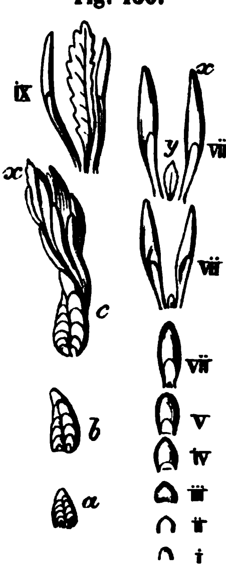
Cupressineen und Taxineen, welche mit zwei flachen Samenlappen keimen, haben sie dagegen eine von der Nadel abweichende, viel breitere Gestalt. Sogar die Pflanzen, welche später wenig entwickelte Blätter besitzen, als Opuntia und Euphorbia canariensis, keimen mit zwei verhältnifsmäfsig grofsen, fleischigen, Samenlappen.

Die Knospenschuppen.

§. 47. Die Knospenschuppen (Tegmenta) sind die Blätter einer Stammknospe, die sich nicht als Laubblätter ausbilden, vielmehr schuppenartig bleiben und zum Schutz des jungen Triebes dienen, welcher unter ihrer Hülle überwintert; sie sind nur Gewächsen mit periodischem Wachsthum eigen. Aber auch diese besitzen sie nicht immer, da mehrfach die ältesten, äufsersten Laubblätter der Knospe (bei Viburnum Lantana, Siringa vulgaris) oder deren Nebenblätter (bei Alnus) ihren Dienst versehen.

Die Knospenschuppen sind in ihrer Anlage von den nach ihnen gebildeten Laubblättern durchaus nicht verschieden, sie entstehen wie diese unter dem Vegetationskegel der Stammknospe und nehmen an ihr auch genau diejenige Stellung ein, welche dem Laubblatte eigen ist (Fig. 125. p. 89); bei gegenständiger oder bei quirlständiger Blattstellung stehen deshalb 2 (Aesculus, Sambucus, Coffea) oder mehr Knospenschuppen mit einander als Kreise auf gleicher Höhe, bei spiralförmiger Blattstellung sind dagegen auch sie spiralförmig angeordnet (Carpinus, Fagus, Quercus Fig. 126. p. 90), desgleichen bei Abies, Picea und Larix. Bei Pinus sind sämmtliche Blattanlagen des jungen Triebes als Knospenschuppen ausgebildet, ihre Achselknospe bildet dagegen die Doppelnadel mit deren Hüllblättern, welche gleichfalls als Knospenschuppen gedeutet werden müssen.

Fig. 130.



Pflanzen, deren Hauptblatt zu jeder Seite einen blattartigen Anhängsel, ein sogenanntes Nebenblatt besitzt, haben dennoch anfangs einfache und erst späterhin getheilte Knospen-

Fig. 130. Quercus pedunculata. *a* eine Zweigknospe vor dem Anschwellen, *b* eine angeschwollene Knospe, *c* eine Knospe im Aufbrechen. I—IX Die

schuppen, wir sehen dies namentlich bei der Buche und bei der Eiche (Fig. 130), wo die untersten Schuppen jeder Knospe ungetheilt sind und erst ganz allmälig eine Differenzirung in Mittelblatt und zwei Nebenblätter erfolgt, welche hier immer den Werth der Knospenschuppen behalten, d. h. sich nicht grün färben, vielmehr absterben, wenn sich ihr Mittelblatt als Laubblatt ausbildet. Ganz ähnlich verhält sich die Buche, bei welcher der allmälige Uebergang von der ungetheilten Knospenschuppe durch getheilte Schuppen zum Laubblatt mit Nebenblättern vielleicht noch mehr in die Augen fällt.

Selten besitzt die Knospenschuppe ausgebildete Gefäfsbündel. Hierin allein liegt vielleicht zunächst der Grund ihrer im Vergleich zum Laubblaut unvollkommenen Ausbildung. Die Knospenschuppe stirbt an ihrer Spitze frühe ab, und ihre mit Luft erfüllten Zellen schützen vielleicht gerade deshalb, als schlechte Wärmeleiter, den jungen Trieb vor der Kälte des Winters. Wenn darauf im Frühjahr die Vegetation von neuem beginnt, so wachsen auch die Knospenschuppen vom Grunde aus für eine Zeit lang weiter; das Schwellen der Knospen vor dem Aufbrechen derselben beruht auf dieser Eigenthümlichkeit; doch sind es in der Regel nur die innersten Reihen der Deckschuppen, welche auf solche Weise sich schnell von ihrer Basis aus verlängern, dann aber eben so bald nach dem Hervorbrechen des jungen Triebes absterben. Wir sehen dies namentlich bei den Abietineen, aber auch bei der Buche und Eiche; der im Frühjahr neuentstandene Theil der Knospenschuppen ist zart und farblos, er erscheint häutig, während der im Herbst abgestorbene Theil viel festere Zellwände besitzt und in der Regel braun gefärbt ist. Die Nebenblätter der Buche und Eiche, welche noch längere Zeit am jungen Zweig verbleiben, sind gleichfalls an ihrer Basis häutig. — Die Knospenschuppen fallen entweder nach dem Aufbrechen der Knospen sämmtlich ab, oder es bleibt ein Theil derselben am Zweige zurück, wie bei den Abietineen, wo nur die innersten, welche sich noch im Frühjahr verlängert haben, abgeworfen werden, die übrigen dagegen, am Zweig verbleibend, die sogenannten Schuppenansätze bilden, nach welchen der Forstmann das Alter eines Zweiges zählt. Bei den Laubhölzern fallen zwar sämmtliche Knospenschuppen ab, doch bleiben die Narben

Blätter wie sie bei *c* übereinander stehend der Reihe nach sich folgen. I — VI als einfache Knospenschuppen, VII — IX als Nebenblätter *x*, zwischen welchen das Laubblatt (*y*) auftritt. (Man vergleiche Fig. 126. p. 90.)

als über einander liegende Kreise, eben so vielen verkürzten Stengelgliedern entsprechend, zurück. Beide, die Schuppenansätze sowohl als diese Narbenringe, verschwinden erst, wenn die grüne Rinde durch Korkbildung abgeworfen wird. Die äufseren Deckschuppen für die männliche Blüthe der Tanne bleiben gleichfalls als Blüthennest zurück. Bei der Fichte werden die inneren Knospenschuppen, mit einander durch Harz verklebt, in der Regel als Mütze abgeworfen.

Die Anatomie der Knospenschuppen ist sehr einfach, sie bestehen aus Parenchym, dessen Wände sich mehr oder weniger verdicken; ihre Oberhaut besitzt, soweit mir bekannt ist, keine Spaltöffnungen, sie enthalten auch keine Nahrungsstoffe für die Pflanze, sondern scheinen einzig und allein zum Schutz des jungen Triebes vor äufseren schädlichen Einflüssen, und zwar namentlich für die Kälte, bestimmt zu sein, welchen Zweck sie nur halb erfüllen würden, wenn sie sich nicht im Frühjahr an ihrem Grunde verlängern könnten, so dafs der junge Trieb, welcher schon im Wachsen begriffen ist, noch länger unter ihrem Dache verbleibt[1]). Beim zweiten Trieb der Bäume ist der directe Uebergang der Knospenschuppen in die Laubblätter besonders auffällig; die Rofskastanie zeigt alsdann nicht selten Knospenschuppen, welche an ihrer Spitze 5—7 verkümmerte Einzelblätter tragen. Man könnte danach zum wenigsten für diesen Baum die Knospenschuppe als schuppenartigen Blattstiel auffassen, würde aber damit nicht gar viel gewinnen, weil auch Pflanzen, welche den Unterschied zwischen Blattstiel und Blattfläche nicht zeigen, z. B. unsere Nadelhölzer, Knospenschuppen besitzen. Die Stengelglieder, welche Knospenschuppen tragen, bleiben immer unentwickelt.

Bei einigen Pflanzen hat jedes einzelne Laubblatt ein oder zwei besondere Hüllblätter, welche ich consequent den Knospenschuppen gleichstellen mufs. Meistens fallen dieselben ab sobald sich das Laubblatt entwickelt; bei Ficus stipulata bleiben sie dagegen noch längere Zeit als falsche Nebenblätter. Ficus elastica ist mit einem Hüllblatt versehen, während Ficus australis und Cecropia peltata deren zwei besitzt. Beide Pflanzen treiben ohne periodische Unterbrechung, Ficus Carica dagegen mit periodischem Wachsthum hat gleich unseren Laubbäumen

---

[1]) Möchten doch diejenigen Botaniker, welche das Wachsthum der Blätter vom Grunde aus bei abgestorbener Spitze nicht zugeben wollen, einmal die Deckschuppen der Buche und der Abietineen betrachten; schon das unbewaffnete Auge wird sie hier leicht eines Besseren belehren.

Knospen mit mehreren Kreisen von Deckschuppen, welche, wenn sie abgefallen sind, Narben am Zweig zurücklassen; ein besonderes Deckblatt für jegliches Laubblatt ist aufserdem noch vorhanden. — Die häutigen Blätter der Schalenzwiebel endlich sind ebenfalls Knospenschuppen.

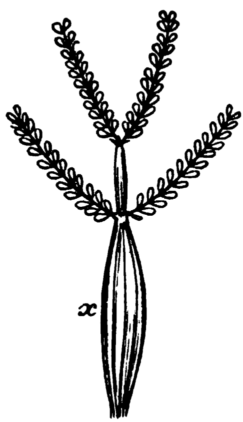
Die Laubblätter.

§. 48. Die Laubblätter oder Stengelblätter (Folia caulina) sind diejenigen Blätter einer Pflanze, welche von mehr entwickelten Stengelgliedern getragen werden und die in der Regel durch Bildung von Chlorophyll in ihren Zellen eine grüne Färbung annehmen. In ihrer Achsel liegt sehr häufig eine Stammknospe, die entweder zum Zweig oder zur Blüthe wird. Im ersten Fall nennt man ein solches Blatt das Stützblatt des Zweiges, im anderen wird es als Blüthendeckblatt (Bractea) bezeichnet. A. Braun, C. Schimper und Wydler nennen die letzteren Hochblätter.

Die Gestalt der Laubblätter ist sehr mannigfach und schwer unter allgemeine Begriffe zurückzuführen. Zunächst unterscheidet man gestielte und ungestielte oder sitzende Blätter. Gestielt ist ein Blatt, wenn es mit einem schmäleren, oftmals walzenförmigen oder halbwalzenförmigen Grundtheil am Zweige befestigt ist. Das gestielte Blatt hat immer eine Blattfläche oder Blattspreite, d. h. einen mehr flächenartigen Theil, während das ungestielte Blatt entweder ganz flächenartig, wie die Blätter der Liliaceen, oder ganz walzenförmig, wie das Blatt vieler Hakea-Arten sein kann. Das gestielte Blatt ist ferner entweder einfach, wenn sein Blattstiel nur eine einzige Blattfläche trägt, oder zusammengesetzt, wenn derselbe mehrere Blattflächen vereinigt. Trägt der gemeinsame Blattstiel eines zusammengesetzten Blattes seine Einzelblätter wie die Finger einer Hand nebeneinander, so wird ein solches Blatt ein fingerförmiges genannt (bei Aesculus und Lupinus). Trägt dagegen der gemeinsame Blattstiel seine Einzelblätter zu beiden Seiten, so nennt man das Blatt gefiedert (Robinia, Rosa). Doppelt gefiedert erscheint dasselbe, wenn sich der Hauptblattstiel (Blattstiel 1. Ordnung) seitlich wieder verzweigt und dessen Nebenblattstiele (Blattstiele 2. Ordnung) erst die Einzelblätter tragen, wie bei Gleditschia triacantha. Wenn sich endlich die Nebenblattstiele noch ein- oder zweimal verzweigen, so wird das Blatt mehrfach (3 oder 4fach) gefiedert genannt. Der gemeinsame Blattstiel eines gefiederten Blattes kann

mit einer Blattfläche (Robinia, Rosa), er kann aber auch mit einer Ranke (Pisum) endigen oder plötzlich abschliefsen (Tribulus). Aufserdem können die in der Regel paarweise auf gleicher Höhe stehenden Seitenblätter eines gefiederten Blattes mit einander von nahebei gleicher Gröfse sein, bei Pisum, es können aber auch gröfsere und kleinere Blattpaare entweder regelmäfsig oder unregelmäfsig mit einander abwechseln, wie bei Solanum tuberosum und bei Agrimonia (folium interrupti-pennatum). Das Blatt der Robinia ist streng genommen hierher zu zählen, denn es hat an der Basis eines jeden Seitenblattes ein pfriemförmiges Blättchen und an der Basis des Endblattes deren zwei.

Fig. 131.



Einige Acacia-Arten Australiens besitzen in den ersten Lebensjahren der Pflanze doppelt gefiederte Blätter mit einem mehr oder weniger flächenartig ausgebildeten Blattstiel. Späterhin aber kommen die Fliederblättchen nicht mehr zur Ausbildung, auch die Verzweigung unterbleibt und der einfache, jetzt noch flächenartiger entwickelte Blattstiel versieht allein den Dienst der Blätter. Er wird Phyllodium genannt (Fig. 131) und ist dem Flachstengel (p. 26) der Phyllanthus-Arten ähnlich, trägt aber niemals Blüthen; solche treten dagegen aus der Achsel des Phyllodiums hervor.

Nebenblätter (stipulae) nennt man blattartige Anhängsel am Blattstiel eines Laubblattes zu jeder Seite desselben; diese sind entweder grün gefärbt wie das Laubblatt zwischen ihnen und dann in ihrem Bau von ihm nicht wesentlich verschieden (Rosa, Pisum), oder sie verhalten sich wie die Knospenschuppen und vertrocknen, wenn sich der Zweig entwickelt (bei Fagus, Quercus). Häufig wird der Blattstiel durch seine Nebenblätter geflügelt. Bei zusammengesetzten Blättern entstehen die beiden Nebenblätter früher als die Fiederblättchen.

Als Blattgelenk (articulatio) bezeichnet man eine gröfsere oder geringere Anschwellung an der Basis des Blattstieles oder bei sitzenden Blättern an der Basis des Blattes selbst. In dieser Anschwellung bildet

Fig. 131. Ein Blatt von Acacia heterophylla. x Das Phyllodium.

sich später eine Korkschicht, durch welche sich das Blatt mit glatter Fläche vom Zweige oder als Einzelblatt vom gemeinsamen Blattstiel trennt. Manche Botaniker bezeichnen nun als zusammengesetzte Blätter nur solche Formen, welche für jede besondere Blattfläche des gemeinsamen Blattstieles ein Blattgelenk besitzen, so dafs jedes Einzelblatt für sich vom Blattstiel fallen kann, wie bei Aesculus, Robinia und Rhus typhinum; der gemeinsame Blattstiel fällt hier häufig erst zuletzt vom Zweige. Da aber nicht alle einfachen Blätter ein Blattgelenk besitzen und deshalb nicht abgeworfen werden, z. B. die äufseren Knospenschuppen der Abietineen, welche als Schuppenansätze stehen bleiben, während doch die inneren Knospenschuppen und später auch die Nadeln derselben Bäume ein Blattgelenk besitzen und durch dasselbe sich mit glatter Fläche vom Zweige trennen, so kann ich dieser Unterscheidung nicht beitreten. Ist das Blattgelenk sehr grofs und bleibt ein Theil desselben nach dem Abwerfen des Blattes zurück, so wird der letztere Blattkissen oder Blattpolster genannt. Die Fichte besitzt ein solches Blattkissen, denn ihre Nadel wird nicht wie bei der Tanne dicht am Stamme abgeworfen. Die hervorragende Narbe abgeworfener Wedel der Farrnkräuter (Alsophila, Cyathea) kann man Wedelkissen nennen.

Wenn die Basis des Blattstieles oder bei ungestielten Blättern der Basaltheil der Blattfläche selbst scheidenartig den Stamm umgiebt, so wird sie Blattscheide (Ochrea) genannt (bei Cherophyllum und vielen anderen Umbelliferen, desgleichen bei Alpinia, Strelitzia, Musa, Saccharum und den Gramineen überhaupt. — Blätter mit scheidenförmigem Basaltheil besitzen oftmals da wo die Blattfläche frei wird an der inneren Seite einen hautartigen Rand, den man bei den Gräsern das Blatthäutchen (Ligula) genannt hat. Bei Saccharum ist dies Blatthäutchen zahnartig gefranzt; bei Alpinia nutans ist dieser Rand bei der ausgebildeten Blattfläche braungefärbt und bereits vertrocknet.

Für das Einzelblatt selbst kann endlich jede nur denkbare Gestalt vorkommen. — Eine der einfachsten Blattformen ist die Nadel unserer Coniferen, welche mit einem centralen, nicht verzweigten Gefäfsbündel versehen ist. Bei der Fichte und der Lerche fast 4kantig, bei der Kiefer halbwalzenförmig, wird sie bei der Tanne und bei Taxus flacher; bei Podocarpus und noch mehr bei Araucaria brasiliensis verläfst sie schon die Gestalt der eigentlichen Nadel und Salisburia endlich zeigt ein gestieltes, flaches Blatt mit zertheilten Nerven

(Fig. 132 u. 133). — Eine und dieselbe Pflanze hat oftmals wesentlich verschiedene Blattformen. Am auffallendsten zeigt sich dies vielleicht an den Keimpflanzen der Grevillea- und Hakea-Arten, deren Blätter allmälig von den ganzrandigen, stumpf lanzetförmigen Keimblättern, durch am Rande schwach u. darauf immer tiefer gezähnte, alsdann tief und immer tiefer getheilte Laubblätter, endlich in die vollendete Blattgestalt dieser Pflanzen, in eine zu beiden Seiten mehr oder weniger verzweigte Walzengestalt übergehen (Hakea suaveolens). Bei vielen einjährigen Gewächsen sind die nahe der Wurzel gelegenen Blätter (die Wurzelblätter) anders geformt, als die höher am Stiel vorkommenden. Auch haben die Blätter, in deren Achsel Blüthen stehen, in der Regel eine andere, meistens einfachere Gestalt, als andere, in deren Achsel entweder gar keine oder nur Zweigknospen vorkommen. Ich halte es für unmöglich, die verschiedenen Blattgestalten übersichtlich zu beschreiben, weil man niemals geometrische Figuren vor sich hat

Fig. 132.

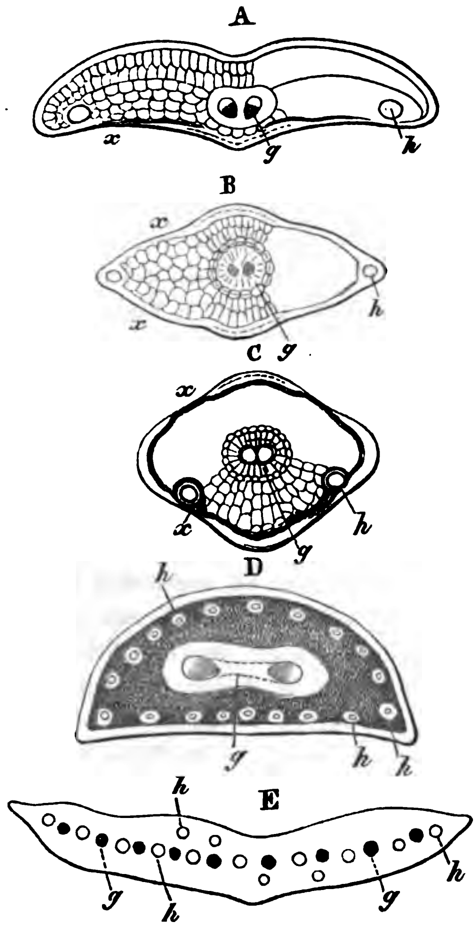
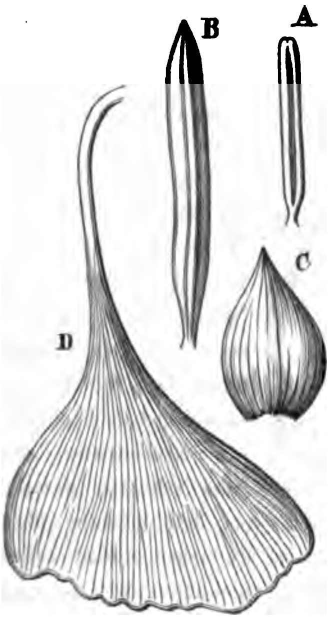


Fig. 132. Querschnitt durch die Blätter der Nadelbäume. *A* Abies pectinata, *g* Gefäfsbündel, *h* Harzgänge, *x* diejenige Partie, wo die Spaltöffnungen liegen. *B* Larix europaea. *C* Picea vulgaris. *D* Pinus silvestris. *E* Araucaria brasiliensis. (Vergröfserung 20 mal.)

und überdies die eine Form stetig in die andere übergeht. Die Beschreibung der Blattgestalt einer gegebenen Pflanze variirt deshalb nicht selten bei verschiedenen Schriftstellern, woran zum Theil die Exemplare, nach welchen die Beschreibungen entworfen wurden, noch mehr aber die Auffassungsweise der Schriftsteller Schuld ist. Je glücklicher hier der Vergleich mit einer bekannten Körperform gewählt wird, um so besser ist natürlich die Beschreibung. Indem ich deshalb diesen Theil als nicht hierher, sondern zur beschreibenden Botanik gehörig, übergehe, will ich nur der Terminologie des Blattrandes erwähnen und darauf durch die Entwickelungsgeschichte das Entstehen der Hauptformen des Blattes nachweisen (Fig. 133).

Fig. 133.



Die Blattfläche kann sein: ganzrandig (integer); sägezähnig (*a*) (serratus); gezähnt (*b*) (dentatus); gekerbt (*c*) (crenatus); ausgeschweift (*d*) (repandus), die vorspringenden Winkel spitz, die einspringenden abgerundet; buchtig (*e*) (sinuatus), die vor- und die einspringenden Winkel sind abgerundet, die einzelnen Theile werden alsdann Läppchen (lobuli) genannt; gewimpert (*f*) (ciliatus); ausgefressen (*g*) (erosus), vor- und einspringende Winkel ganz unregelmäfsig; gespalten (fissus), wenn die Theile etwa bis zur Mitte gehen, die einzelnen Stücke heifsen dann Läppchen (lobuli); getheilt (partitus), wenn die Theilung über die Hälfte hinausgeht, die einzelnen Stücke werden alsdann Theile (partes) genannt; zerschnitten (sectus), wenn die Theilung vollständig ist, die einzelnen Stücke heifsen in solchem Falle Abschnitte (segmenta) (Fig. 134)[1].

Fig. 133. Blätter der Nadelhölzer. *A* Nadel von Abies pectinata. *B* Blatt von Podocarpus lanceolatus. *C* Blatt von Araucaria brasiliensis. *D* Blatt von Salisburia adianthifolia.

[1]) Schleiden, dem ich hier gefolgt bin, versucht noch weiter die Gestalten

Das stufenweise Vor- und Rückschreiten in den Blattformen derselben Pflanze, mit dem sich schon früher einige Beobachter (SCHLEIDEN, A. BRAUN, WYDLER u. Andere) beschäftigt haben, ist neulich von ROSSMANN [1]) zur speciellen Aufgabe gewählt und sowohl für die Morphologie im allgemeinen interessant, als auch für die beschreibende Botanik wichtig; doch ist hier nicht der Ort, um weiter darauf eingehen zu können.

Fig. 134.

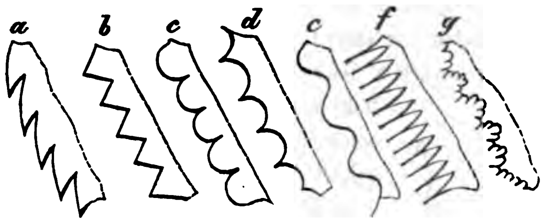
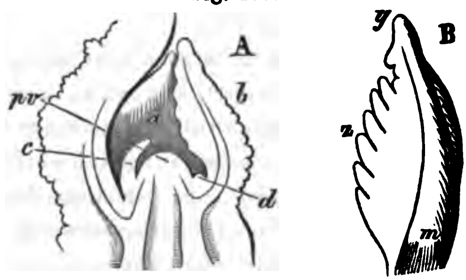


Fig. 135.



Das einfache Blatt der Erle, der Birke, der Weide und der Linde wird mit seinen beiden Nebenblättern gleichzeitig und auf gleicher Höhe unter dem Vegetationskegel angelegt (Fig. 135); die Nebenblätter sind anfangs sogar dem Hauptblatt vorangeeilt und schützen dasselbe in der Knospe, werden jedoch später von ihm mächtig überholt. Das Erlenblatt gebraucht zu seinem Entstehen sammt seinen Nebenblättern etwa zwei Dritttheile des Stammumkreises, es kann schon deshalb kein anderes Blatt mit ihm auf gleicher Höhe entstehen (Fig. 126. p. 90). Die beiden Nebenblätter, deren Spitze bald zu wachsen aufhört, wölben sich durch fortdauernde Zellenbildung am

Fig. 134. Der Blattrand in seinen verschiedenen Formen.

Fig. 135. Alnus glutinosa. *A* Längsschnitt durch die junge Zweigspitze im Frühling, *pv* der Vegetationskegel, *a* das Nebenblatt, *b* das zu ihm gehörige Laubblatt, *d* eine Knospenanlage in der Achsel desselben, *c* ein älteres Laubblatt. *B* Ein junges Blatt, *m* der Mittelnerv, *y* die Blattspitze, *z* die Zähne des Blattrandes erster Ordnung. (Vergrößerung 30mal.)

---

unter feste Begriffe zu bringen; ich verweise auf seine Grundzüge. Bd. II. Ausg. II. p. 9—15.

[1]) ROSSMANN, zur Kenntniß der Phyllomorphose. Heft 1 u. 2.

Grunde und in der Mitte, ihr Rand bleibt ungezähnt. Das Laubblatt, anfangs nur durch seine Stellung zwischen den beiden Nebenblättern zu unterscheiden, bildet zuerst die Anlage zum Mittelnerv. Im Cambiumbündel desselben entstehen darauf von unten her, gewissermaſsen als Fortsetzung der Gefäſsbündel des Stammes, einige Spiral- und Ringgefäſse. Die Blattspitze, aus einem sehr zarten Zellgewebe bestehend, ist um diese Zeit schon abgestorben (Fig. 135 *B. y*), sie wird zum Endzahn des jungen Blattes. Zu beiden Seiten des Mittelnervs entsteht darauf die erste Anlage der Blattfläche; der Rand derselben entwickelt alsbald warzenförmige Vorsprünge, welche sich als die Hauptzähne des Blattrandes kundgeben (Fig. 135 *B. z*). Während nun zu ihnen vom Mittelnerv aus Seitennerven verlaufen, vertrocknen dieselben in gleicher Weise als vor ihnen der Endzahn abstarb, dem sie im Bau vollkommen entsprechen. Die Bildung dieser Hauptzähne des Blattrandes und der zu ihnen verlaufenden Hauptseitennerven erfolgt so rasch, daſs ich nicht entscheiden kann, ob sie in aufsteigender oder absteigender Richtung stattfindet. Während sich nunmehr die Zellen des Mittelnervs und der vorhandenen Seitennerven verlängern, wächst das Gewebe der Blattfläche zwischen ihnen zunächst durch Zellenvermehrung. Zwischen den Hauptzähnen des Blattrandes entstehen alsbald neue Erhebungen, welche zu kleineren Zähnen (Zähnen zweiter Ordnung) werden und zu denen von den Hauptseitennerven aus Seitennerven zweiter Ordnung verlaufen. Die Bildung derselben erfolgt in aufsteigender Richtung, und zwar vom Blattrande aus, so daſs diejenigen Seitennerven, welche noch zu einem Zahn gelangen, früher entstehen als diejenigen, welche nicht mehr bis zum Blattrand kommen. Die weitere Ausbildung der Seitennerven zweiter Ordnung erfolgt dann ganz in der Weise der Hauptseitennerven; einmal angelegt, hört auch in und neben ihnen die Zellenbildung auf, in ihrer Umgebung zeigt sich dagegen reichlich Chlorophyll, so daſs die jungen Blattnerven, wie von einer grünen Hülle umkleidet, hervortreten; sie verlängern sich durch Wachsthum ihrer eigenen Zellen, während das Blattgewebe zwischen ihnen sich durch fortdauernde Zellenvermehrung vergröſsert und deshalb ein jugendliches, durchscheinendes Ansehen bewahrt.

Das junge Erlenblatt ist anfangs sehr schmal, mit seiner Ausbildung wird es darauf immer breiter, seine Spitze bleibt jedoch bei Alnus glutinosa im Wachsthum zurück, weil ein oder zwei der höchst-

gelegenen Zähne des Blattrandes bald nach ihrem Endzahn absterben und dadurch auch die Entwickelung der zu ihnen gehörigen Seitennerven und des entsprechenden Theils der Blattfläche unterbleibt; die einwärts gebogene Spitze dieses Blattes findet somit in der Entwickelungs-Geschichte ihre Erklärung.

Die Anlage zum Blattstiel zeigt sich sobald das junge Blatt seine Seitenflächen bildet, indem sich dieselben allmälig am Blattgrunde verschmälern, aber dennoch erhebt sich das bis dahin sitzende Blatt erst wenn die Seitennerven zweiter Ordnung ausgebildet sind. Mit und zwischen den Seitennerven erster und zweiter Ordnung wächst nun das Blattgewebe fort und fort, während noch wiederholt, jetzt immer schwächer werdende Zwischennerven, als Zweige der bereits vorhandenen Gefäfsbündel im Blattgewebe entstehen, welche jedoch, mit Ausnahme des unteren Theiles, den Rand des Blattes nicht mehr erreichen und sich entweder im Blattgewebe verlieren, oder wenn sie mit dem Zweige eines anderen Seitennervs zusammentreffen sich mit ihm vereinen und sogenannte Anastomosen bilden. Auch die Ausbildungsweise dieser letzten Blattnerven erfolgt nach demselben Typus wie bei den vorhergehenden; zuerst erscheinen dieselben als Cambiumbündel, in welchen bald darauf einige Gefäfse entstehen; die Zellenbildung wird alsdann in ihnen beschränkt, nur das Cambium bleibt noch eine Zeit lang auch in dieser Weise thätig; denn durch dasselbe bilden sich überhaupt die Blattnerven dicotyledoner Pflanzen gleich ihrem Gefäfsbündel im Stamme weiter.

Wenn das Blatt endlich mit allen seinen Zähnen und Nerven vollständig angelegt ist, so hört auch die Zellenbildung im Blattgewebe, welche bis dahin das Entstehen neuer Seitennerven begünstigte, allmälig auf; die Zellen des Blattgewebes wachsen von nun ab mit den betreffenden Gefäfsbündeln. Das Wachsthum des um diese Zeit noch kleinen Blattes erfolgt nunmehr in allen Theilen ziemlich gleichmäfsig. Die Oberseite des Blattes erhält keine Spaltöffnungen, während die Unterseite selbige ausbildet; dem entsprechend entwickelt sich das Blattparenchym der oberen Seite anders als dasjenige der unteren Seite. Beide Blattseiten sind mit Drüsen, welche eine klebrige, süfslich-bitter schmeckende Flüssigkeit aussondern, besetzt; nur die Unterseite ist längs der Nerven und namentlich in der Achsel der Hauptseitennerven mit mehrzelligen Haaren versehen.

Die Nebenblätter der Erle besitzen im ausgebildeten Zustande

schwach entwickelte, ziemlich unregelmäfsig verzweigte Nerven, ihr Rand ist undeutlich gezähnt; die Oberhaut der unteren, (äufseren) Seite besitzt Spaltöffnungen, beide Seiten sind mit Drüsen besetzt. Die Nebenblätter bleiben, grüngefärbt, mit dem Laubblatt oder Mittelblatt am Zweige [1]).

Ganz in derselben Weise wie beim Erlenblatt entwickeln sich nun, soweit meine Untersuchungen reichen, welche mit Trécul vollkommen übereinstimmen, sämmtliche einfache Blätter, desgleichen auch die Einzelblätter des zusammengesetzten Blattes. Bei allen erscheinen, wenn überhaupt Nebenblätter vorhanden sind, dieselben mit dem Mittelblatt auf gleicher Höhe. Die Spitze des letzteren stirbt darauf frühzeitig ab und wird zum Endzahn oder zur Blattspitze; ihr entsprechende Hervorragungen des Randes der Blattfläche bilden, indem sie ebenfalls frühzeitig absterben, die Seitenzähne, unter welchen die Seitennerven erster Ordnung endigen; wenn selbige fehlen so bilden die letzteren in der Regel Randanastomosen (bei Eucalyptus und Ficus stipulata). Die Seitennerven zweiter Ordnung entstehen, wie es scheint, immer von unten nach oben. Solange sich nun Seitennerven entwickeln bleibt auch das Blattgewebe jugendlich.

Für das zusammengesetzte gefiederte Blatt mag uns jetzt die Rose als Beispiel dienen. Bei der Rosa canina entsteht das zusammengesetzte Mittelblatt auf gleicher Höhe mit seinen beiden Nebenblättern. Von den drei sich hier erhebenden Wärzchen gewinnt das mittlere, das eigentliche Blatt alsbald den Vorsprung. Während nun die Nebenblätter, welche von Anfang an mit dem Laubblatt verbunden sind, zurückbleiben, entstehen zu jeder Seite der angelegten Spitze des Mittelblattes neue Erhebungen, welche in der Regel paarweise auftreten und den ersten Zähnen am Rande des Erlenblattes ähnlich sind. Die Reihenfolge, in welcher sie entstehen, konnte ich wie dort nicht mit genügender Sicherheit ermitteln; nach Trécul sollen sie jedoch in absteigender Ordnung entstehen. Die mittlere ursprüngliche und die seitlichen unter ihr entstandenen Erhebungen bilden sich darauf gleichzeitig mit einander und in derselben Weise aus, jede wird zum Einzelblatt, das sich für seine weitere Entwickelung genau so wie das Erlenblatt verhält. Die Spitze jedes Einzelblattes stirbt

---

1) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Taf. 1. Fig. 1—9.

nämlich zuerst ab, sie wird zum Endzahn, der Rand der sich bildenden Blattfläche bildet darauf Seitenzähne, zu denen vom Mittelnerv aus Seitennerven erster Ordnung gelangen, diese bilden alsdann wieder Seitennerven zweiter Ordnung u. s. w. Der gemeinsame Blattstiel, hier von Anfang an stärker entwickelt, bleibt in der ersten Zeit verkürzt, die schon ziemlich weit ausgebildeten Einzelblätter liegen deshalb in der Knospe wie die Finger einer Hand nebeneinander (Fig. 136). Darauf verlängert sich der Blattstiel, sowohl an seiner Basis, als auch zwischen je zwei Blattpaaren, das unterste Blattpaar entfernt sich auf diese Weise von den Nebenblättern, das zweite und die folgenden Blattpaare rücken gleichfalls von einander und das Endblatt entfernt sich vom obersten Blattpaare. Die Verlängerung des gemeinsamen Blattstiels zwischen je zwei Blattpaaren entspricht der Verlängerung des Stengelgliedes zwischen den Blättern eines jungen Zweiges; sie erfolgt, wie es scheint, zunächst durch Zellenausdehnung. Ob die Verlängerung des gemeinsamen Blattstiels von oben oder von unten her beginnt, vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden, dagegen ist die mit den Nebenblättern verbundene Basis desselben sicherlich einer der zuletzt ausgebildeten Theile des zusammengesetzten Rosenblattes [1]).

Fig. 136.



Das zusammengesetzte gefiederte Blatt der Wallnufs (Juglans regia), dem die Nebenblätter fehlen, entsteht in ähnlicher Weise. Nachdem das Endblatt als Wärzchen angelegt ist, erheben sich paarweise unter ihm die Seitenblätter und zwar, wie es scheint, in aufsteigender Ordnung, wonach das unterste Blattpaar das zuerst gebildete sein würde. Wenn alle Seitenblätter angelegt sind, entwickeln sie sich ziemlich gleichzeitig mit einander und mit dem Endblatt weiter. Jedes Seitenblatt erhält ein Blattgelenk, nur dem Endblatt fehlt dasselbe, sein Mittelnerv ist wie beim Rosenblatt die unmittelbare Fortsetzung des gemeinsamen Blattstiels. Die Einzelblätter rücken darauf, durch Verlängerung des

Fig. 136. Ein junges Blatt der Rosa canina. *x* Eines der beiden Nebenblätter, I das Mittelblatt, II—IV die Seitenblätter der einen Seite. (Vergröfserung 40 mal.)

---

1) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Taf. 1. Fig. 18—21.

gemeinsamen Blattstiels, der Höhe nach von einander; der letztere ist an seiner Basis mit einem Gelenk versehen [1]).

In derselben Weise entsteht auch das zusammengesetzte und gefiederte Blatt von Sambucus nigra und nur wenig von ihm verschieden bildet sich das gleichfalls zusammengesetzte und gefiederte Blatt von Robinia pseudoacacia (Fig. 137), dessen Einzelblätter, das Endblatt nicht ausgenommen, ein Blattgelenk besitzen. Neben jedem Seitenblatt erscheint hier überdies ein kleines, pfriemförmiges Blättchen, während dem Endblatt zwei solcher Blättchen (zu jeder Seite eines), zukommen. Der gemeinsame Blattstiel endigt mit einem Blattgelenk; zu jeder Seite desselben zeigt sich ein verholzter Dorn, welcher der Entwickelungsgeschichte nach als das Nebenblatt des zusammengesetzten Blattes betrachtet werden mufs, da er fast gleichzeitig mit dem letzteren als kleines Wärzchen (*x*) angelegt wird. Die Seitenblätter treten auch hier paarweise unter dem angelegten Endblatte hervor, sie gleichen anfänglich den Zähnen des Erlenblattes (Fig. 135. p. 104). Nachdem sie alle angelegt sind, erfolgt ihre weitere Ausbildung von unten nach oben, so dafs die unteren Blattpaare den oberen etwas voraneilen. Das pfriemförmige Blättchen zur Seite jedes Einzelblattes unterscheidet man erst jetzt, bei seiner Anlage ist es vom ausgebildeten Einzelblatte nicht verschieden; ich mufs deshalb annehmen, dafs abwechselnd nur das eine Paar der angelegten Blätter um das andere vollständig ausgebildet wird, während das andere als pfriemförmiges Nebenblatt dicht unter dem anderen verbleibt, weil der gemeinsame Blattstiel dem entsprechend sich nur zwischen je zwei ausgebildeten Blattpaaren verlängert, wie ein derartiges Verhältnifs für die Stengelglieder des Stammes nicht ungewöhnlich ist, wofür ich nur an Viscum und Coffea erinnern darf, wo abwechselnd um einander ausgebildete und unausgebildete, schuppenartig verbleibende, Blattpaare auftreten und nur zwischen je zwei ausgebildeten Blattpaaren ver-

Fig. 137.

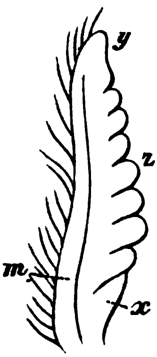


Fig. 137. Ganz junges Blatt von Robinia pseudoacacia. *m* Der Mittelnerv, welcher zum gemeinsamen Blattstiel wird, *x* eins der Nebenblätter des zusammengesetzten Blattes, *y* das Endblatt, *z* die Seitenblätter. (Vergröfserung 40 mal.)

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Taf. 1. Fig. 11—14.

längerte Stengelglieder erscheinen. Das Akazienblatt[1]) erinnert aber auch andererseits an die zusammengesetzten Blätter der Kartoffel (Solanum tuberosum) und der Agrimonie (Agrimonia Eupatoria), wo gröſsere und kleinere, weniger entwickelte Blätter ebenfalls paarweise mehr oder weniger regelmäſsig mit einander abwechseln.

Das zusammengesetzte, aber gefingerte Blatt (Aesculus Hippocastanum) unterscheidet sich in seiner Entwickelungsweise vom gefiederten Blatte (Rosa, Juglans) nur dadurch, daſs der gemeinsame Blattstiel sich hier zwischen je zwei Blattpaaren nicht verlängert, und daſs dieselben somit der Höhe nach nicht von einander rücken. Bei der Roſskastanie ist jedes Einzelblatt, desgleichen der gemeinsame Blattstiel an seiner Basis mit einem Blattgelenk versehen[2]).

Sogar das einfache, gelappte oder tiefgetheilte Blatt (Acer, Vitia, Ampelopsis) unterscheidet sich erst bei seiner weiteren Ausbildung vom zusammengesetzten gefingerten oder gefiederten Blatte, denn nach dem Hervortreten des Endlappens erscheinen unter ihm paarweise die Seitenlappen, welche in ihrer Anlage von den Einzelblättern der vorhin genannten Pflanzen nicht zu unterscheiden sind. Die vollständige Theilung derselben unterbleibt jedoch, und so entsteht statt eines zusammengesetzten gefingerten Blattes ein einfaches fingerförmig-zertheiltes oder auch gelapptes Blatt. Die Ausbildung jedes Lappens erfolgt dann wieder nach der Weise des Erlenblattes. Der Blattstiel des Ahorns besitzt an seiner Basis ein Blattgelenk und auch das Ende desselben, von dem die Hauptnerven der Blattfläche strahlenartig ausgehen, ist gelenkartig angeschwollen, es erinnert an das gefingerte Blatt der Roſskastanie und andererseits wieder an die einfachen, schildförmigen Blätter von Tropaeolum und Hydrocotyle, welche leicht auf dasselbe Bildungsgesetz zurückzuführen sind[3]).

Alle Formen dicotyledoner Blätter lassen sich demnach aus der Entwickelungsgeschichte einfach erklären und kann es wenig befremden, daſs oftmals dieselbe Pflanze scheinbar ganz verschiedene Blattgestalten zeigt, wie dies zwischen den Wurzelblättern und den höher am Stengel erscheinenden oder gar die Blüthen stützenden Blätter so häufig, und bei einigen Pflanzen (Morus) sogar zwischen den gleich-

---

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Taf. 1. Fig. 23—26.

[2]) Zur Litteratur: Benjamin, Entwickelungsgeschichte des Blattes von Aesculus Hippocastanum. Bot. Zeitung 1849. p. 449.

[3]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Taf. 1. Fig. 22 und Fig. 27—28.

werthigen Blättern desselben Zweiges der Fall ist. Das Bildungsgesetz des dicotyledonen Blattes möchte sich danach in folgender Weise resumiren lassen:

1. Die Spitze des dicotyledonen Blattes erscheint zuerst; stirbt sie sogleich ab, so wird sie zum Ende eines einfachen Blattes, bildet sie sich dagegen aus ihrer Mitte und vom Grunde her weiter aus, so wird sie entweder zum Endlappen eines gelappten oder getheilten, oder wenn sie ihren eigenen kürzeren oder längeren Blattstiel erhält, sogar zum Endblatt eines zusammengesetzten Blattes. — 2. Entstehen unter der Spitze des angelegten Blattes zu beiden Seiten neue Hervorragungen, so werden diese entweder zu Seitenzähnen eines einfachen Blattes, oder, wenn sie sich von ihrer Mitte und vom Grunde aus weiter bilden, zu Seitenlappen eines gelappten oder gar zu Seitenblättern eines zusammengesetzten Blattes. — 3. Erhebt sich der gemeinsame Blattstiel des letzteren zwischen den Blattpaaren nicht, so dafs dieselben der Höhe nach nicht von einander rücken, so wird das Blatt gefingert; im anderen Falle wird es gefiedert. — 4. Ist das einfache Blatt oder der Blattlappen oder das Einzelblatt am Rande gezähnt oder gekerbt, so endigen die Hauptseitennerven unter einem Zahn, ist es dagegen ganzrandig, so bilden dieselben mit einander Randanastomosen. — 5. Erscheint endlich das Ende des Blattstiels in seinem ganzen Umkreis als Bildungscentrum, so erhalten wir das schildförmige Blatt, dessen Hauptseitennerven in absteigender Ordnung zu entstehen scheinen.

Das einfache monocotyledone Blatt mit parallelen Längsnerven wächst, gleich der Nadel der Coniferen, von seinem Grunde aus; seine Spitze ist der älteste, seine Basis der jüngste Theil. Wir sehen dies bei den Liliaceen, Irideen, Dracaenen, Gramineen und einem Theil der Orchideen sehr deutlich; oft ist der obere Theil bereits abgestorben, wenn noch die Basis fortwächst. Sobald aber die parallelen Längsnerven durch Quernerven verbunden sind, wie dies bei Goodyera repens und bei vielen Najadeen der Fall ist, so wächst das Blatt auch, seiner Nervatur entsprechend, an bestimmten Theilen seiner Fläche. In der Familie der Musaceen, wo von dem durchgehenden Blattstiel zahlreiche, mit einander parallel verlaufende, zarte Quernerven ausgehen, entsteht die Blattfläche wie beim dicotyledonen Blatte als seitliche Ausbreitung des Blattstiels. Indem nun später die Blattfläche des ausgebildeten, sehr grofsen Blattes, vom

Winde bewegt, zwischen den parallelen Quernerven einreifst, wird das Blatt der Musaceen, nach der Art und nach dem Standort mehr oder weniger, regelmäfsig zerfetzt, was der Banane nach einem Sturme ein höchst eigenthümliches Ansehen gewährt.

In ähnlicher Weise entwickelt sich auch das gefiederte Palmenblatt, denn auch hier entsendet der durchgehende Blattstiel zahlreiche parallele Seitennerven für die Blattfläche, welche anfangs ungetheilt ist; aber noch vor der vollständigen Ausbildung des Blattes reifst die Blattfläche zwischen den parallelen Quernerven und zwar vom Blattstiel aus ein, so dafs wie bei der Banane parallele Lappen entstehen, welche hier aber durch eine Verlängerung des Blattstiels gleich den Einzelblättern eines dicotyledonen Fiederblattes von einander entfernt werden. Der Rand eines in solcher Theilung begriffenen Blattes ist oftmals noch zusammenhängend, wenn die Zerschlitzung, vom Blattstiel ausgehend, schon weit vorgeschritten ist. Die Breite der durch Zerschlitzung entstandenen Fiederblättchen ist nach der Palmenart und zwar nach der Weise wie sich der Blattstiel zwischen der Blattfläche verlängert, verschieden. Erfolgt diese Verlängerung in regelmäfsigen Abständen und an beiden Seiten gleichmäfsig, so sind die Fiederblättchen paarweise gestellt, erfolgt sie dagegen in ungleichen Abständen oder nur an der einen Seite, während sie an der anderen unterbleibt, so sind im ersten Falle die Fiederblättchen von ungleicher Breite, im anderen aber stehen dieselben nicht paarweise, d. h. nicht einander gegenüber. Die gleichmäfsige oder ungleichmäfsige Verlängerung des Blattstiels zwischen dem Fiederblättchen und noch andere, der einen oder der anderen Palmenart zukommende, Eigenthümlichkeiten veranlassen aufserdem mannigfache Gestalten. Dazu kommt noch das Verhalten des durch Zerschlitzung entstandenen Fiederblättchens selbst, welches, wenn sich der Theil des Blattstiels, dem dasselbe entspringt, nicht mehr verlängert, an seiner Basis die zusammengefaltete Gestalt, welche dasselbe innerhalb der Knospe besafs, auch fernerhin behält. Bei Plectocomia elongata besitzt der Rand der Fiederblättchen kleine Zähne, wodurch eine Neubildung bei der Entfaltung desselben längs dieses Randes bewiesen ist.

Wie das gefiederte Blatt der Palmen durch die Verlängerung seines Blattstiels zwischen den Fiederblättchen an das zusammengesetzte, gefiederte Blatt der Dicotyledonen erinnert, wo der gemeinsame Blattstiel in derselben Weise die Einzelblätter von einander entfernt, so

zeigt das Fächerblatt der Palmen wieder einige Analogie mit dem gefingerten Blatte der Dicotyledonen. Der Mittelnerv oder die Verlängerung des Blattstiels, welche beim gefiederten Palmenblatte dem gemeinsamen Blattstiel entspricht, endigt hier als Blattstiel, wo die Blattfläche beginnt, welche ebenfalls ungetheilt entsteht, aber strahlenartig ihre Nerven empfängt. Die Zerschlitzung geht vom Rande aus, und sie dringt nach der Palmenart weiter vor; bei Latania burbonica nur bis zur Hälfte, bei Chamaerops humilis dagegen bis zum Blattstiel. Die einzelnen Strahlenblättchen behalten auch hier mehr oder weniger ihre von der Lage in der Knospe herrührende Faltung. Die Spitze eines solchen durch Zerreifsung entstandenen Blattstrahls ist oftmals schon abgestorben, wenn seine Basis noch jugendlich erscheint.

Das am Rande tief ausgeschnittene Blatt einiger Aroideen (Monstera) erscheint ebenfalls zu Anfang mit ganzrandiger Fläche. Die tiefen Ausschnitte des Randes, desgleichen die runden Löcher inmitten der Blattfläche entstehen erst später, weil bestimmte Partieen derselben gesetzmäfsig in ihrer weiteren Fortbildung gehemmt werden oder gar absterben; während der Rand der entstandenen Löcher eine neue Oberhaut erhält. — Die zahllosen Löcher in der Blattfläche der Ovirandra fenestralis[1]) möchten vielleicht in derselben Weise entstanden sein; die ganzrandige, ziemlich grofse Blattfläche dieser Pflanze, mit der den Najadeen eigenen Nervatur, hat nämlich zwischen den zahlreichen Nerven kein Blattparenchym ausgebildet; das fensterartige Ansehen der Blätter gab dieser Pflanze ihren Namen.

Die Bildungsgesetze für die monocotyledonen Blattformen, soweit selbige von mir untersucht sind, würden sich nunmehr folgendermafsen zusammenstellen lassen:

1. Das monocotyledone Blatt stirbt zuerst an seiner Spitze ab[2]); seine Fläche ist anfänglich immer ungetheilt, wohl aber mit Randzähnen versehen. 2. Bleibt es ungetheilt und verlaufen seine Nerven sämmtlich parallel der Längsachse des Blattes, ohne dafs ein sehr entwickelter Mittelnerv entsteht, so wächst er nur an seinem Grunde, ihm fehlt in diesem Fall der Blattstiel (Liliaceae, Irideae, Orchis u. s. w.). Ist dagegen ein ausgeprägter Mittelnerv vorhanden und sind die übrigen

[1]) Ich sah die Ovirandra fenestralis zuerst im Herbst 1855 im Garten zu Kew; dieselbe ist jetzt auch in einigen Gärten Deutschlands vorhanden.

[2]) Beim Bananenblatt, das, wenn es hervortritt, um sich abzurollen, eine lange vertrocknete Spitze trägt, besonders deutlich.

ihm parallelen Längsnerven noch unter einander durch Quernerven verbunden, so wächst das Blatt, seiner Nervatur entsprechend, an verschiedenen Stellen seiner Blattfläche; in diesem Falle wird auch ein Blattstiel gebildet, welcher zunächst an seiner Basis wächst (Goodyera, Potamogeton u. s. w.). 3. Erscheint ein Blattstiel, der sich als Mittelnerv in die Blattfläche fortsetzt und sind in der letzteren nur mit einander parallele Quernerven vorhanden, so wächst das Blatt wahrscheinlich (?) in aufsteigender Ordnung, d. h. die untersten Quernerven sind älter als die oberen (Musa, Chamaedorea, Phönix). 5. Zerschlitzt sich ein solches Blatt zwischen seinen Quernerven und verlängert sich der Mittelnerv zwischen den Segmenten, so erhalten wir das gefiederte Blatt vieler Palmen (Phönix, Chamaedorea, Plectocomia). Diese Segmente wachsen häufig noch eine Zeit lang an ihrem Grunde fort. 6. Verläuft dagegen der Blattstiel nicht als Mittelnerv durch die Blattfläche; sondern entsendet derselbe nur strahlenartig Nerven zu den Zähnen des Randes und zerschlitzt sich darauf die Blattfläche vom Rande her, so erhalten wir das Fächerblatt anderer Palmen (Chamaerops, Thrinax, Corypha, Latania); jedes Segment wächst auch hier noch eine Zeit lang an seinem Grunde fort. 7. Bleiben endlich an der ursprünglich ganzrandigen und undurchlöcherten Blattfläche bestimmte Partieen des Randes und der Mitte im Wachsthum zurück, so erscheinen die Gestalten tief getheilter Blätter, wie wir solche bei einigen Aroideen kennen, deren Fläche gar häufig noch ziemlich unregelmäfsig durchlöchert ist (Monstera).

Beide, das monocotyledone Blatt sowohl als das dicotyledone, wachsen demnach an ihrem Grunde und aufserdem, nach der Art ihrer Nervatur, häufig noch an verschiedenen Orten ihrer Fläche; die Spitze beider stirbt zuerst ab. Die gefiederten und gefächerten Blätter der Monocotyledonen bilden sich durch Zertheilung einer anfänglich ungetheilten Blattfläche, während die zusammengesetzten Blätter der Dicotyledonen, welche denselben entsprechen, ihre Einzelblätter von Anfang an als getrennte Theile entwickeln.

Die kryptogamen Blätter endlich reihen sich, ihrer Gestalt und ihrem Bau nach, bald den monocotyledonen und bald den dicotyledonen Blättern an. Ihre Spitze stirbt, soweit mir bekannt ist, in allen Fällen zuerst ab. Für die Laub- und Lebermoosblätter, desgleichen für das einen häutigen Zahnkranz bildende Blatt der Equisetaceen läfst sich das Wachsthum am Grunde, wenn sich die Spitze nicht

mehr fortbildet, leicht wahrnehmen, ebenso bei den Lycopodiaceen und namentlich bei Isoëtes. Alle derartige Blätter mit gar keiner oder mit sehr einfacher Nervatur, aus einem oder mehreren, alsdann unter sich parallelen Längsnerven bestehend, wachsen wie die ihnen im Bau und in der Gestalt entsprechenden Arten der phanerogamen Blätter. Die häufig zusammengesetzten Blätter der Farrnkräuter, desgleichen einiger Rhizocarpeen, welche im jüngsten Zustande gleich einer Uhrfeder aufgerollt sind, entwickeln ihre Einzelblätter in aufsteigender Ordnung nach der Weise der Dicotyledonen, sie reihen sich an die zusammengesetzten, gefiederten Blätter der Cycadeen, deren Einzelblätter ebenfalls in aufsteigender Ordnung entstehen. Bei den beblätterten Lebermoosen kommen, häufig aufser den gewöhnlichen, alsdann zweizeilig stehenden Blättern, noch Bauchblätter (Amphigastria) vor, welche an der Erdseite des kriechenden Stammes auftreten und meistens eine andere Gestalt besitzen (Lejeunia, Frullania, Mastigobryum, Lepidocia u. s. w.). Andere haben eigenthümlich geformte Blattanhänge, welche bei Frullania helmförmig sind, bei Micropterigyum aber als breite Leiste auf der Blattfläche stehen, und deren Entwickelungsgeschichte sehr erwünscht wäre. Auch die flächenförmigen, sogenannten laubigen Lebermoose sind meistens mit Blattorganen versehen, welche bei Metzgeria, Blasia und bei den Marchantieen unverkennbar sind, dagegen bei Anthoceros gänzlich zu fehlen scheinen. Das Blatt von Jungermannia albicans hat nur scheinbar einen Mittelnerv, durch langgestreckte Zellen in der Mittellinie der Blattfläche hervorgerufen. Die Blätter der Laubmoose (Sphagnum ausgenommen) haben dagegen einen Mittelnerv, der aus mehreren Zellenschichten besteht. Das Blatt von Sphagnum ist anatomisch höchst interessant (Bd. 1. p. 28).

Fig. 138.



Sogar die Blätter der Nepenthes-Arten (Fig. 138), welche eine Kanne

Fig. 138. Das Blatt von Nepenthes destillatoria. *A* Sehr jung, in natürlicher Gröfse, *a* die Blattfläche, *b* der über sie hinaus sich verlängernde Blattstiel, *c* der erste Anfang der nachherigen Keime, *z* die Spitze des Blattes, welche

tragen, gehorchen dem allgemeinen Gesetz der Blattbildung, nach welchem die Spitze zuerst abstirbt. Die Kanne, mit welcher das Blatt endigt, gehört nicht der Blattfläche an, sie entsteht vielmehr aus dem über dieselbe hinausgehenden Blattstiel, welcher, nachdem die Blattfläche schon ziemlich weit ausgebildet ist, in seinem Innern hohl wird (*B*). Durch ein rasches Wachsthum der Wände um die entstandene, anfangs nur sehr kleine, Höhlung wird letztere immer länger und weiter und es entsteht allmälig die Kanne, deren innere Oberhaut eine klare, wässerige Flüssigkeit in die Höhlung ausscheidet. Auch der Blattstiel oder Mittelnerv, welcher diese Kanne trägt, verlängert sich noch eine Zeit lang, indem er häufig rankenartig einige Windungen beschreibt. Durch eine eigenthümliche Ausbildung bestimmter Zellenreihen unter dem oberen Ende der sich bildenden Kanne wird die Grenze des Deckels derselben bestimmt. Der Deckel trennt sich darauf vom wulstförmigen Rande der Kanne, bleibt aber an der ursprünglichen Spitze des Blattstiels gelenkartig mit ihr verbunden. Diese Spitze ist der älteste Theil des Blattes, sie ist schon abgestorben, bevor die Bildung der Kanne erfolgt.

Aehnliche hohle, mit einem Deckel versehene, eine Flüssigkeit in sich ansammelnde, Behälter bei Cephalotus und Saracenia entstehen wahrscheinlich in ähnlicher Weise, dagegen bilden sich die lufterfüllten Schläuche der Utricularieen aus einem ursprünglich soliden Zellenkörper, welcher allmälig seinen Rand erhebt, während die Mitte im Wachsthum zurückbleibt. Ich möchte dieselben überdies für Stammorgane halten, weil sie gleich Knospen in der Achsel eines Blattes auftreten [1].

Jedes Blatt erhält ursprünglich seine Gefäfsbündel vom Stamm, dieselben vermehren sich aber mit dem Wachsthum des Blattes nach der für sie normalen Weise, ja die Ausbildung der Blattfläche selbst ist, wie ich oben gezeigt habe, von der Vertheilung der Gefäfsbündel oder Nerven abhängig. Die Zahl der Gefäfsbündel, welche vom Stamm zum Blatt hinübertreten, ist nun nach den Pflanzen, und, wie es scheint, auch nach der Gestalt der Blätter verschieden, so erhalten

schon um diese Zeit abgestorben ist. *B* Der Längsdurchschnitt der jungen Kanne, 10mal vergröfsert, *c* der hohle kannenförmige Theil, *y* der nachherige Deckel, *z* die Spitze des Blattes. *C* das ausgewachsene Blatt verkleinert (½ der natürlichen Gröfse). Die Bezeichnung wie auf den anderen Figuren.

[1]) Die Entwickelungsgeschichte der Schläuche von Utricularia vulgaris. In meinen Beiträgen zur Anatomie u. s. w. der Pflanzen. p. 28—32.

z. B. unsere Laubbäume, welche einfache Laubblätter mit Nebenblättern besitzen (Alnus, Betula, Salix, Corylus, Quercus, Fagus) drei Gefäſsbündel, wovon das mittlere ungetheilt in das Laubblatt übertritt, während die beiden seitlichen sich theilen und gleichzeitig ihr betreffendes Nebenblatt versorgen. Beim zusammengesetzten Blatt der Roſskastanie findet man dagegen im Blattgelenk so viele getrennte Gefäſsbündel als Einzelblätter ausgebildet sind, demnach entweder 5 oder 7, oder seltener 9. Die Nadel der Abietineen erhält nur ein Gefäſsbündel, welches sich darauf innerhalb der Nadel in zwei parallele Hälften theilt. Das ungestielte, stengelumfassende Blatt der Liliaceen, Irideen, Gramineen u. s. w., mit parallelen Längsnerven, empfängt dagegen vom Stamm zahlreiche Gefäſsbündel; dasselbe gilt für die Blätter der Palmen.

Im Blattstiel des dicotyledonen Blattes treten die Gefäſsbündel, indem sie sich seitlich durch Theilung vermehren, mehr oder weniger zusammen und bilden alsbald einen Halbkreis, der oftmals später in einen geschlossenen Kreis übergeht (Alnus). Von diesem Gefäſsbündelkreis treten darauf in der Blattfläche zu beiden Seiten Seitennerven ab. Der Basttheil des Gefäſsbündels liegt immer nach der äuſseren, der Holztheil dagegen nach der inneren Seite, Markstrahlen durchsetzen die Bündel. Da sich nun die Gefäſsbündel, welche das Blatt ursprünglich vom Stamm erhielt, gemäſs der Ausbildung des letzteren vielfach zertheilen, so muſs auch ihre Anordnung sowohl im Blattstiel als auch in der Blattfläche nach der Höhe, in welcher der Querschnitt geführt wird, verschieden ausfallen. Im Blatte der Monocotyledonen und der Kryptogamen sind dagegen die Gefäſsbündel immer getrennt. Bei den ersteren ist das Cambium in der Regel von verholzten Zellen umschlossen (Palmen, Gräser, Alpinia, Dasilyrium, Ruscus u. s. w.).

Bei den Farrnkräutern hat man versucht nach der Stellung der Gefäſsbündel im Wedelstiel die Gattungen und Arten zu bestimmen, wobei man jedoch auch hier die Höhe der Querschnitte wohl zu beachten hat.

Der innere Bau des Blattes.

§. 49. Der innere Bau der Blätter ist nach den Pflanzen und auſserdem nach der Lebensweise des Blattes selbst sehr verschieden. Die schwimmenden und untergetauchten Blätter vieler Wasserpflanzen haben z. B. groſse Lufthöhlen oder gar Luftgänge (Hydrocharis, Hip-

puris, Nymphaea, Victoria), welche in der Blattfläche der in der Luft lebenden Blätter nur selten vorkommen (Colocasia antiquorum), dagegen in der Blattscheide der Musaceen (Musa sapientum und M. coccinea) als zahlreiche, mit Luft erfüllte Kammern auftreten. Die schwimmenden Blätter haben überdies nur an der Oberseite Spaltöffnungen, welche den untergetauchten Blättern gänzlich fehlen, z. B. Potamogeton, Isoëtes lacustris (J. Hystrix, auf dürren Haiden wachsend, hat dagegen Spaltöffnungen); Ranunculus aquatilis, mit schwimmenden und untergetauchten Blättern, ist nur für die ersteren mit Spaltöffnungen versehen. Alle von mir untersuchten Gewächse, welche in der Luft leben, besitzen zum wenigsten an ihrer Unterseite, aber auch häufig an beiden Seiten Spaltöffnungen, doch sind selbige alsdann in der Regel an der Oberseite ungleich sparsamer vorhanden. Das Blatt von Viscum ist an beiden Seiten durchaus gleich gebaut, die Oberhaut beider Seiten ist mit zahlreichen Spaltöffnungen versehen. Die schuppenartigen Blätter der Monotropa und des Epipogum Gmelini sind dagegen durchaus ohne Spaltönungen, was mit der Lebensweise dieser Gewächse, welche erst zur Blüthezeit über die Erde treten, vollkommen im Einklang steht.

Je nachdem nun die Oberhaut Spaltöffnungen besitzt oder nicht, ist auch das Blattgewebe unter ihr ein Anderes. An der Seite, an welcher dieselben fehlen, drängen sich in der Regel die Zellen dichter an einander und nehmen häufig eine pallisadenförmige Stellung an. (Die Oberseite der Blätter von Quercus, Fagus, Alnus, Betula, Coffea, Solanum[1]), Taxus, Abies, Cycas, Alpinia u. s. w.) Die obere Hälfte des Blattes unterscheidet sich dann wesentlich von der unteren, welche ein viel lockeres Gewebe besitzt, dessen weite Interzellularräume viel Luft enthalten (Fig. 139), daher

Fig. 139.

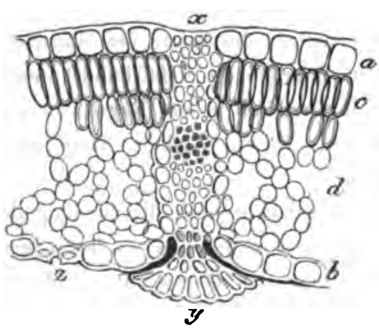


Fig. 139. Querschnitt durch eine kleine Partie der Blattfläche von Betula alba. *a* Die Oberhaut der Oberseite ohne Spaltöffnungen, *b* die Oberhaut der

[1]) Solanum tuberosum hat an der Oberseite nur sehr wenig Spaltöffnungen, die Unterseite ist dafür mit ihnen reichlich versehen.

das weifse Ansehen der unteren Seite solcher Blätter. Einige monocotyledone Blätter, welche ebenfalls nur an der unteren Seite Spaltöffnungen besitzen, sind noch viel schärfer in eine obere und eine untere Hälfte geschieden; bei Hechtia verlaufen nur in der letzteren die parallelen Nerven, der oberen Hälfte fehlt hier auch das Blattgrün. Ist dagegen die Oberhaut beider Seiten gleich gebaut, so gilt dasselbe auch für das Gewebe unter ihr, wie schon dies bei denjenigen Pflanzen, deren Blätter überhaupt keine Spaltöffnungen haben (Gewächse mit im Wasser lebenden Blättern, ferner Monotropa und Epipogum), desgleichen bei solchen, welche an beiden Seiten eine durchaus gleich gebaute Oberhaut mit Spaltöffnungen besitzen (Viscum, Dracaena, Dasylirium, Eucalyptus), sichtbar ist. Für diejenigen Blätter, welche ganz oder nahebei walzenförmig sind, z. B. einiger Hakea- und Grevillea-Arten, desgleichen für die Nadel der Fichte (Picea vulgaris) und der Kiefer (Pinus silvestris) (Fig. 132. p. 102) gilt dasselbe. Das Blatt der Hakea-Arten ist überdies sehr zierlich gebaut; unter der Oberhaut, welche von verholzten Zellen pfeilerartig getragen wird, liegt ein sehr lockeres Gewebe.

Wenn die Blattfläche unter einer Oberhaut mit Spaltöffnungen ein dichtes pallisadenförmiges Gewebe zeigt, so findet sich unter jeder Spaltöffnung eine sogenannte Athemhöhle, d. h. ein mit Luft erfüllter Raum (Hydrocharis Morsus ranae).

Auf der Oberhaut der Blätter erscheinen oftmals mancherlei Nebenorgane, als Haare, Schuppen, Drüsen u. s. w.; dieselben geben häufig dem Blatt ein charakteristisches Ansehen und werden dadurch auch für die beschreibende Botanik wichtig. Am besten würde man freilich den Bau der Haare oder Schuppen selbst beschreiben, weil die Bezeichnungen wollig (lanuginosus), rauhhaarig (pubescens) u. s. w. mehr oder weniger unbestimmt sind. Häufig ist nur eine Blattseite behaart, bisweilen sind gar nur bestimmte Stellen der Blattfläche, z. B. bei Alnus glutinosa, die Winkel zwischen den Seitennerven mit Haaren besetzt. Die Blätter mancher Pflanzen sind auch nur im jugendlichen

Unterseite mit Spaltöffnungen (*z*), *c* das Pallisadenparenchym, *d* das lockere, schwammförmige Parenchym, *x* ein Gefäfsbündel als secundärer Seitennerv, *y* eine drüsenartige Schuppe. (Vergröfserung 200 mal.)

---

[1]) Für den Bau der Haare, Schuppen u. s. w. selbst verweise ich auf §. 26 des ersten Bandes.

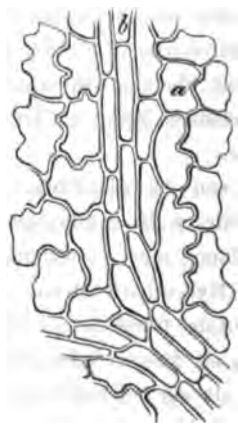
Zustande, namentlich in der Knospe behaart und verlieren später ihre Haare (Aesculus, Vitis vinifera). Oftmals kommen verschieden geformte Haare nebeneinander auf demselben Blatte vor (Solanum tuberosum, Urtica diolca). Die Unterseite des Blattes von Pandanus und von Ficus stipulata ist mit eigenthümlichen, sehr kurzen Haaren dicht bekleidet, welche gewissermafsen eine poröse Schicht auf der Oberhaut bilden. Haare im Innern des Blattes sind nur für die Nymphaeaceen bekannt, wo sie von der Oberhaut des Luftganges entsendet, in denselben hineinwachsen (Fig. 140). Drüsen hat das Blatt der Erle, Birke (Fig. 139. p. 118), desgleichen Thymus Serpyllum und Hippuris vulgaris.

Bei Blättern mit vorspringenden Nerven ist die Oberhaut längs der Nerven etwas anders gebaut (Fig. 141) und immer ohne Spalt-

Fig. 140.



Fig. 141.



öffnungen, sie läfst sich in solchem Falle nicht abziehen, weil sie den Nerv unmittelbar bedeckt (bei der Eiche, der Buche, der Birke, ferner bei der Erdmandel (Arachis hypogaea), wo in den die Gefäfsbündel deckenden Oberhautzellen sehr schön ausgebildete Krystalle liegen. Bei den fleischigen Blättern der Crassulaceen dagegen, üben die Nerven, weil sie nicht an die Oberfläche treten, auch keinen Einflufs auf die Ausbildung der Oberhaut, dieselbe läfst sich deshalb als zusammenhängende Membran vom Blattgewebe trennen, ebenso bei Furcroya. Da nun in den Zellen

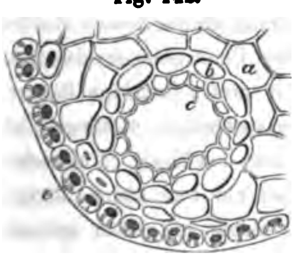
Fig. 140. Ein sternförmiges Haar aus dem Blattstiel von Nuphar luteum, welches in zwei benachbarte Luftkanäle hineinragt. (100 mal vergröfsert.)

Fig. 141. Oberhaut von der Oberseite des Blattes von Fagus silvatica. *a* Ueber dem Blattparenchym, *b* über dem Gefäfsbündel, (Vergröfserung 200 mal.)

der Nerven, wie überhaupt in den Zellen der Gefäfsbündel kein Blattgrün entsteht, so sind die Blattnerven, wo sie hervortreten, heller, in der Regel gelblich gefärbt; sie contrastiren dadurch um so mehr auf der grünen Blattfläche. Im Blattnerv selbst finden sich, aufser den nie fehlenden Cambiumzellen, Ring- und Spiralgefäfse, getüpfelte Gefäfse dagegen sind mir im Blatte unbekannt; es scheint danach, als ob die weitere Bildung der Gefäfse aufhört, sobald das Blatt seine normale Gröfse erreicht hat. Bei den Dicotyledonen kommen aufserdem Holzzellen und an der anderen Seite des Cambium Bastzellen vor (als Beispiel unsere Laubbäume); bei den Monocotyledonen finden sich dagegen häufig und oftmals in grofser Menge langgestreckte, verholzte Zellen, welche man bald als Holzzellen, bald als Bastzellen ansprechen kann (Hechtia, Dasylirium, Phormium, Iris u. s. w.). Bei den milchenden Gewächsen begleiten die Milchsaftgefäfse die Blattnerven; sie sind im Blatte häufig verzweigt, wenn sie im Stamm noch einfach verlaufen (bei Chelidonium, Ficus Carica, Asclepias, Euphorbia palustris u. s. w.).

Das eigentliche Blattparenchym selbst besteht wohl in allen Fällen aus unverholzten, porösen Zellen, welche Stärkmehl, Zucker, Blattgrün u. s. w. bereiten und in denen auch häufig schwerlösliche Salze in Form von Krystallen vorkommen. In den Zellen der Oberhaut pflegen diese Stoffe in der Regel zu fehlen, dafür scheinen in ihnen die stickstoffhaltigen Verbindungen reichlicher vertreten zu sein. Aetherische Oele und Harze werden in der Regel in ganz besonderen Zellengruppen bereitet und in besondere Räume, die Oel- oder Harzbehälter, abgeschieden.

Fig. 142.



Die Oelbehälter der Citrus-Arten sind ähnlich gebaut als die Harzgänge der Nadelbäume (Fig. 142). Das ätherische Oel wird hier wie dort in sehr zartwandigen Zellen (*c*) bereitet. Bei Citrus entspricht der Oelbehälter einer kugelförmigen Höhlung, bei den Nadelhölzern gleicht er dagegen einem cylindrischen Gange, welcher der Längsachse der Nadel parallel verläuft. Die ächten Pinus-Arten haben zahlreiche, bis 24, solcher Harzgänge, die Nadel der Abies, Picea und Larix-Arten besitzt dagegen nur 2 und die Nadel der Juniperus-Arten sogar nur einen und zwar in der Mittellinie des Blattes gelegenen Harzgang.

Fig. 142. Harzgang aus dem Querschnitt des Blattes der Edeltanne. Bd. 1. p. 418.

Bei Taxus, sowie bei allen (?) Taxineen und Cupressineen fehlen dieselben. Gestielte, aus Zellstoffhäuten bestehende, mit kohlensaurem Kalk imprägnirte Körper im Innern besonderer Zellen des Blattgewebes sind endlich den Urticeen und den Acanthaceen eigen (Fig. 18 und Fig. 19 p. 101 des ersten Bandes), sie finden sich jedoch nicht bei allen Repräsentanten dieser Familien; so besitzt das Blatt von Ficus stipulata dieselben nicht, während sie doch bei Ficus elastica, F. comosa u. s. w. vorkommen. Die Oberhaut vieler Grasblätter, noch schöner aber die Oberhaut beider Seiten des Blattes von Moquilea und Petraea verkieseln, die Asche derselben zeigt das vollkommen erhaltene Kieselskelett mit Spaltöffnungen und Haaren.

Endlich kann das Blatt, nach seinem Bau und nach der Beschaffenheit seiner Zellen, dünn oder dick sein und zwar ferner weich, saftig, fest, lederartig oder gar holzig (Ficus stipulata) erscheinen.

Das Blatt entspricht im Bau seiner Oberhaut und seines Parenchymgewebes durchaus der primairen Rinde des Stammes; es kann deshalb nicht befremden, dafs beide, das Blatt und die primaire Rinde, eine nahebei gleiche Function für die Ernährung der Pflanze besitzen und sich deshalb vertreten können, wie uns die Cacteen und die sogenannten blattlosen Euphorbiaceen, welche ihre primaire Rinde behalten, lehren. Uebrigens besitzen sämmtliche Cacteen und die genannten Euphorbiaceen sehr wohl Blätter, welche nach dem allgemeinen Gesetz der Blattbildung unter dem Vegetationskegel des Stammes entstehen, dieselben sind aber oftmals nur klein und fallen frühzeitig ab, so bei Opuntia, wo die Blüthe den schönsten Uebergang dieser kleinen Blätter des Stammes in die Blumenblätter darstellt. Pereskia dagegen hat grofse fleischige Blätter, welche mehrere Jahre verbleiben, dafür aber ist der Stamm auch schlank und holzig. Euphorbia canariensis wieder hat nur sehr kleine Blätter, welche nach beiden Seiten hin einen spitzen, holzigen Dorn aussenden, und erst im zweiten Jahre abfallen (Fig. 143). Dieselben stehen im jungen Zustande abwechselnd zweizeilig, und erklären damit die Bildung des 4kantigen Stammes.

Fig. 143.

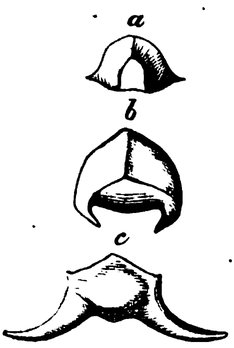


Fig. 143. Blattentwickelung von Euphorbia canariensis. *a* Ganz junges Blatt, *b* Mittelstadium, *c* ausgebildetes Blatt. (Vergröfserung 10mal.)

Die Knospenlage des Blattes und die Blattstellung.

§. 50. Das junge Blatt hat wohl bei allen Pflanzen einen Knospenzustand, d. h. es bleibt mit anderen vor und nach ihm entstandenen Blättern zusammengedrängt unter der Stammspitze, an der es entstanden ist, und umgiebt dieselbe. Bei vielen perennirenden Pflanzen werden nun schon sämmtliche Blätter eines Zweiges im Herbste angelegt, und im darauf folgenden Frühjahre nur entfaltet um weiter ausgebildet zu werden (Picea, Abies, Pinus, Fagus, Quercus, Carpinus), bei anderen wird dagegen nur ein Theil der Blätter schon im Herbste angelegt (Larix, Betula, Alnus). Der Knospenzustand der Blätter ist somit seiner Dauer nach verschieden; bei den einjährigen Gewächsen, deren ganzes Leben nur eine Wachsthumsperiode umfafst, ist er natürlich am kürzesten.

Da nun die Blätter in gröfserer oder geringerer Anzahl unter dem Vegetationskegel eines Stammes nach bestimmter Ordnung entstehen, und eine längere oder kürzere Zeit mit einander im Knospenzustande verbleiben und so Dasjenige bilden, was man im gemeinen Leben Knospe nennt, so verdienen auch die räumlichen Verhältnisse, welche die Blätter zu einander einnehmen, Beachtung, zumal da die nachherige Stellung derselben am Zweige zum allergröfsten Theil schon durch die Knospenlage bedingt wird.

Nun besitzen wir durch A. Braun[1]), Wydler[2]), Henry[3]) und Andere sehr genaue und durch die Zahl der beobachteten Pflanzen sehr reiche Untersuchungen über die Lage und über die Stellung der Blätter in der Knospe, auch hat neuerlich Hanstein[4]) versucht, die Blattstellung auf die Gefäfsbündelverzweigung im Stamm zurückzuführen, aber dennoch ist est für mich zur Zeit nicht möglich mit Sicherheit zu entscheiden, ob der regelmäfsige Austritt der Gefäfsbündel die eben so regelmäfsige Stellung der jungen Blätter veranlafst, oder ob umgekehrt die regelmäfsige Stellung der jungen Blätter den

---

1) A. Braun. Verjüngung in der Natur.

2) Wydler, die Knospenlage. Berner Mittheilungen November 1850.

3) Henry. Beiträge zur Kenntnifs der Laubknospen. Acta academ. L. C. 1836, 37, 39. Ferner Knospenbilder etc. Acta A. L. C. 1846.

4) Hanstein. Zusammenhang der Blattstellung mit dem Bau des dicotyledonen Holzkörpers. Pringsheim, Jahrbücher. Bd. 1. Heft II. Ders. Gürtelförmige Gefäfsstrangverbindungen im Stengelknoten dicotyledoner Gewächse. Monatsbericht der Berliner Akademie Januar 1858. Desgl. Abhandlungen der Berliner Akademie 1858.

Gefäſsbündelverlauf im Stamme regelt, was Nägeli [1]) zu glauben scheint. Wenn ich von der Entwickelung des Embryo und von der Keimung phanerogamer Pflanzen ausgehe, so bilden sich in allen mir bekannten Fällen mit der Anlage der Samenlappen auch die ersten Anfänge der Gefäſsbündel als Cambiumstränge in denselben, diese aber sind directe Fortsetzungen der Cambiumstränge des Stammes. In letzteren entstehen darauf entweder schon vor der Keimung (Viscum, Quercus, Castanea, Juglans), oder bei Beginn derselben (bei den Coniferen, den Palmen u. s. w.) an der Austrittsstelle der Samenlappen die ersten Gefäſse, deren Bildung im Samenlappen nach oben, im Stamme dagegen nach unten fortschreitet. Aus diesen ersten Gefäſsbündeln der Keimpflanze entsteht nun durch seitliche Theilung und äuſseres Nachwachsen, mit Hülfe des Verdickungsringes, allmälig der Holzring der Dicotyledonen. In ähnlicher Weise scheint jetzt, nach Nägeli's vorläufiger Mittheilung, auch im Zweig an der Austrittsstelle der neuen Blätter die Bildung der Gefäſszellen zu beginnen. Ob man aber deshalb berechtigt ist, auch die Bildung neuer selbstständiger, durch das Entstehen der Blätter hervorgerufener, Gefäſsbündel anzunehmen, lasse ich dahingestellt, glaube vielmehr, daſs auch hier, wie bei der Keimpflanze, von den Gefäſsbündeln des Stammes Cambiumstränge zum jungen Blatte verlaufen, und daſs somit die Gefäſsbündel des Blattes nicht, wie Nägeli annimmt, selbstständige Neubildungen unter dem Vegetationskegel des Stammes entstanden, sondern nach der älteren Ansicht Zweige des im Stamme vorhandenen Gefäſsbündelsystemes sind, was für die Monocotyledonen, z. B. Dracaena, keinem Zweifel unterliegt.

Als Ursache der Knospenlage kommen zunächst drei Factoren in Betracht. 1. Die Ordnung, nach welcher die Blätter unter dem Vegetationskegel der Knospe entstanden sind; 2. die Entwickelungsweise der Blätter und 3. die relative Gröſse, welche dieselben im Knospenzustand erreichen.

Für die Lage der Blätter zu einander (Foliatio), auf welche der erste Factor zunächst einwirkt, unterscheidet man zweckmäſsig mit Schleiden [2]) u. A. folgende Arten:

1. Foliatio valvata, wenn die Blattränder sich nur berühren aber nicht decken (Veronica, Coffea [Fig. 144], Viscum [Fig. 126. p. 89],

---

[1]) Flora 1857. p. 717. Bericht über die Naturforscher-Versammlung v. 1857.
[2]) Schleiden, Grundzüge. Bd. II. p. 201. Ausg. 2.

Arceuthobium). Diese Knospenform ist nur Pflanzen mit paarig gegenständigen oder quirlständigen Blättern eigen.

Fig. 144.

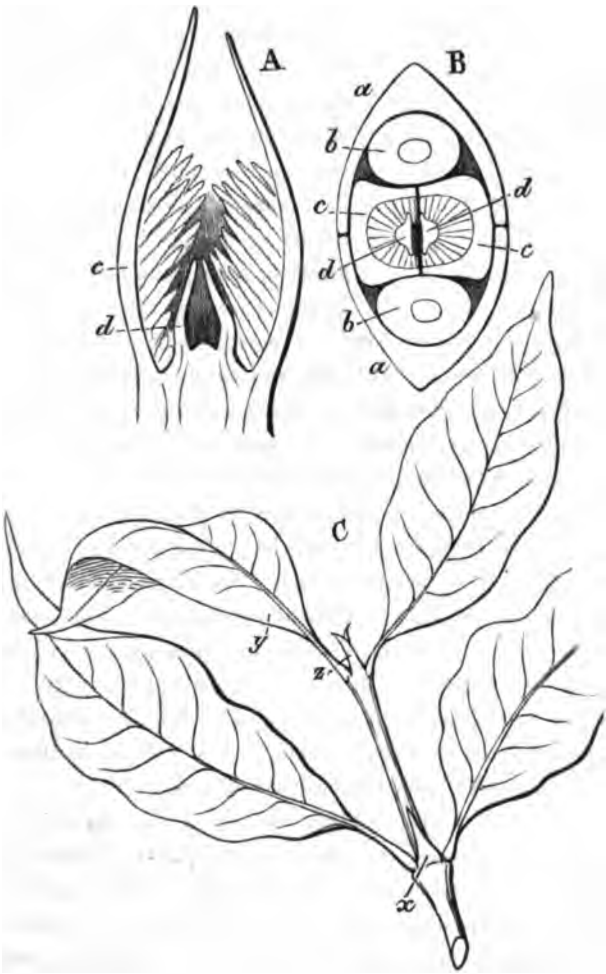
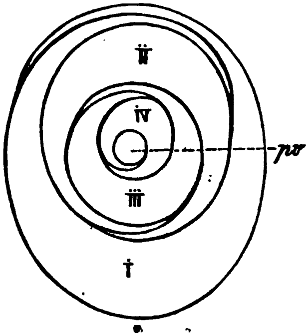


Fig. 144. Coffea arabica. *A* Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges, *d* das jüngste Laubblatt, *c* das Schutzblatt desselben mit langen, Harz aussendenden Drüsen besetzt. *B* Der Querschnitt einer anderen Knospe, *a* Schutzblatt, *b* Laubblatt, die Drüsen der Schutzblätter sind bereits abgefallen, *d* und *c* wie bei *A*. (Vergrößerung beider Figuren 40mal.) *C* Ein junger Zweig, *x* das ehemalige Schutzblatt des Blattes *y*, *z* Schutzblatt des künftigen Stengelgliedes. — Durch eine Drehung des Stengelgliedes stehen am Zweige die Blätter zweizeilig, während sie der Knospenlage nach alterniren müßten.

2. Foliatio amplexa. Wenn jedes äufsere Blatt das ihm folgende vollständig umfafst (Iris, Triticum, Orchis, auch die einfache Tute bei Ficus elastica). Nur bei Gewächsen mit stengelumfassenden Blättern (Fig. 145).

Fig. 145.



3. Foliatio semiamplexa. Wenn jedes Blatt mit dem einen Rande umfafst, mit dem anderen aber selbst umfafst wird (die Knospenschuppen von Tilia und von Aesculus).

4. Foliatio quincuncialis. Wenn fünf Blätter so liegen, dafs zwischen zwei äufseren ganz unbedeckten und zwei inneren ganz gedeckten ein fünftes so eingeschoben ist, dafs es eins der inneren Blätter mit dem einen Rande deckt, an dem anderen aber von einem äufseren Blatte selbst gedeckt wird, welche Knospenlage immer auf eine Spiralstellung (und zwar ⅖ Stellung) der Blätter am Stamme deutet (bei der Blume von Rosa und beim Kelch der Stapelia, Oxalis u. s. w.).

5. Foliatio connata. Wenn die Blätter, welche auf gleicher Höhe entstanden sind und deshalb einen Kreis bilden, sich mit einander vereinigt an ihrer Gesammtbasis ablösen und als Deckelchen abfallen (der Kelch von Eucalyptus) oder beim Aufbruche der Knospe unregelmäfsig zerrissen werden (der Kelch von Psidium und Bombax). Diese Art der Knospenlage ist, soweit mir bekannt, nur den Blüthen eigen.

Für die Laubknospen, insbesondere aber für die Blüthenknospen kommt darauf noch die Lage der Theile verschiedener Blattkreise zu einander in Betracht; man unterscheidet danach:

6. Foliatio alternativa. Wenn die Theile eines Kreises vor den Zwischenräumen eines anderen stehen (Blattknospen von Viscum (Fig. 125. p. 89) und von Arceuthobium, Blüthenknospen der Borragineen).

7. Foliatio oppositiva. Wenn die Theile des einen Kreises vor denen des anderen stehen (Blüthenknospen von Manglesia und Grevillea), Bei Coffea entstehen in abwechselnder Stellung 2 gegenständige Blätter, deren jedes in der Knospe sein ihm vorgestelltes Schutzblatt hat (Fig. 125. p. 89). — Die Lage der Blätter in der Knospe selbst (ver-

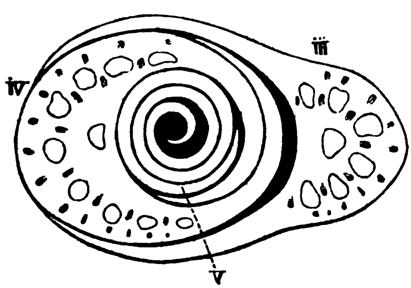
Fig. 145. Querschnitt durch die Endknospe von Saccharum officinarum. I—IV die dem Alter nach auf einander folgenden Blätter, *pv* der Vegetationskegel. (Vergröfserung 10 mal.)

natio) wird dagegen mehr durch die beiden anderen Factoren hervorgerufen. Ich unterscheide mit Wydler eine flache, eine gefaltete und eine aufgerollte Blätterlage.

Die flache Blätterlage erscheint bei den Samenlappen vieler Keimlinge (Quercus, Alnus, Betula, Lupinus), ferner bei der klappenförmigen Knospenlage und bei den Nadeln der Coniferen.

Die gefaltete Blätterlage hat nach der Art der Faltung verschiedene Bezeichnungen erhalten; diese richtet sich aber nach der Entwickelungsweise des Blattes und nach dem Raum, welcher demselben in der Knospe zugemessen ist. Die Blattfläche erscheint einfach zusammengefaltet (vernatio duplicativa) bei Prunus Ceracus, Amygdalus, Quercus, Tilia; mit vielen Längsfalten (Vernatio plicativa) bei Alchemilla, Chamaedorea, Panicum plicatum, überhaupt bei Blättern mit parallelen, oder nahe bei parallelen Längsnerven, deshalb auch bei vielen gefingerten und gefiederten monocotyledonen und dicotyledonen Blättern. Mit zahlreichen, schief aufwärts verlaufenden Falten, bei Blättern, welche einen Mittelnerv und starke Seitennerven haben, z. B. Fagus, Carpinus, Alnus, Betula, ferner bei den Einzelblättern von Aesculus, Rosa u. s. w. Unreglmäfsig gefaltet oder zerknittert (vernatio corrugativa) erscheint die Blätterlage der beiden Samenlappen des Keimlings von Fagus, ferner die Lage der Blumenkrone von Solanum tuberosum. Die aufgerollte Blätterlage kann in zwei Richtungen auftreten: *a*) in der Längsrichtung der Blätter als Vernatio circinata; das Blatt ist alsdann gleich einer Uhrfeder aufgerollt, z. B. der Wedel der Cycadeen und der Farrnkräuter, das Blatt von Pilularia, die Lippe der Blüthe von Himantoglossum hircinum, und *b*) seitlich aufgerollt (vernatio convoluta) das Blatt der Musa, Strelitzia (Fig. 145).

Fig. 145.



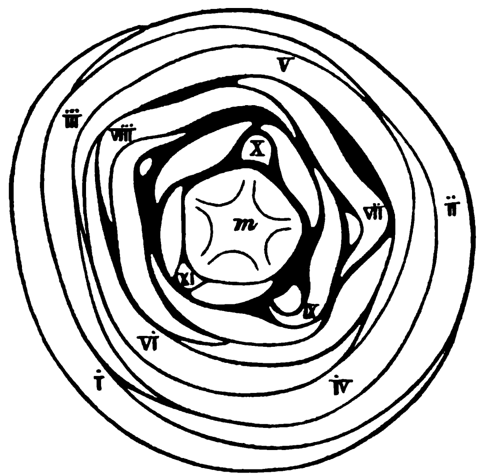
Auch können beide Blattränder entweder vorwärts (vernatio involutiva)

Fig. 145. Querschnitt durch die Stammspitze der Keimpflanze von Strelitzia Augusta. Der Schnitt hat das dritte, vierte und fünfte Blatt (III — V) getroffen, V zeigt die für die Musaceen charakteristische Blätterlage. (Vergröfserung 20mal.)

bei Alisma, Populus oder rückwärts (vernatio revolutiva), bei Salix, Nerium, eingerollt und endlich können die Blätter **gedreht** erscheinen (vernatio contorta), bei der Blumenkrone der Gentianeen.

Zwischen den hier bezeichneten Hauptformen giebt es natülicher Weise noch eine grofse Anzahl verschiedener Verhältnisse in der Lage der Blätter zu einander, welche sogar bei derselben Knospe für die äufseren Blätter etwas anders als für die inneren sein können; wenn nämlich, wie bei Fagus und Quercus (Fig. 146), die Deckschuppen ungetheilt sind, während die inneren Blätter in Laubblatt und Nebenblätter zerfallen, überhaupt, wenn die Knospenschuppen eine wesentlich andere Gestalt als die Laubblätter besitzen, wie dies insbesondere bei unseren Nadelhölzern der Fall ist. (Fig. 121. p. 84.)

Fig. 146.



Nach der Stellung der Blätter zu einander in der Knospe richtet sich nun späterhin zum grofsen Theil, ja wenn die Verlängerung der Stengelglieder an allen Seiten gleichmäfsig erfolgt und überdies keine Drehung des Stammtheiles stattfindet, einzig und allein die Stellung der Blätter am Zweige. Man kann zwei Arten der Blätterstellung unterscheiden: 1. Eine **gegenständige** Blattstellung, wo zwei oder mehr Blätter mit einander auf gleicher Höhe stehen und gewissermafsen einen Kreis um den Zweig beschreiben, und 2. eine **spiralförmige** Blattstellung, wo kein Blatt mit dem anderen auf gleicher Höhe steht und wo man sich eine Spirale denken kann, welche durch die Befestigungspunkte der aufeinanderfolgenden Blätter, den Stamm umkreisend, verläuft.

Fig. 146. Querschnitt durch die Blattknospe von Quercus. I—VI Knospenschuppen, VII—XI Laubblätter mit 2 Nebenblättern. Das Stellungsgesetz, ein $^2/_5$ Spirale, bleibt bei beiden dasselbe, *m* das Mark. (Vergröfserung 30mal.)

Bei der gegenständigen Blattstellung erscheinen die zu einem Kreis gehörigen Blätter mit einander zu gleicher Zeit und auf gleicher Höhe unter dem Vegetationskegel, sie liegen schon in der Knospe so wie sie später am Zweige auftreten (Viscum, Aesculus, Coffea). In der Regel wechseln nun die Laubblätter aufeinanderfolgender Stengelglieder in ihrer Stellung mit einander ab, so dafs jedes Blatt der Höhe nach zwischen zwei Blättern des vorhergehenden Stengelgliedes steht (Arceuthobium, Aesculus, Siringa). Bei Viscum ist dies scheinbar nicht der Fall (Fig. 125. p. 89); die grünen Laubblätter der verlängerten Stengelglieder stehen hier über einander, weil zwischen je zwei verlängerten Stengelgliedern ein unausgebildetes Internodium mit zwei kleinen schuppenartigen Blättern liegt, welche den beiden Laubblättern als Knospenschuppen dienten und mit denselben in der Stellung abwechseln. Bei Arceuthobium dagegen, wo alle Blätter schuppenartig bleiben und alle Stengelglieder sich verlängern, wechseln dieselben regelmäfsig mit einander ab; was hier sichtbar mit dem Abwechseln in der Stellung der Gefäfsbündel für jedes Stengelglied zusammenhängt (Fig. 147). Ich vermuthe, dafs dies überall der Fall ist, ohne jedoch daraus einen Schlufs auf die nächste Ursache der abwechselnden Stellung der Blätter ziehen zu wollen, denn es ist schwer zu entscheiden, ob der Verlauf der Gefäfsbündel im Stamm die Stellung der sich bildenden Blätter bedingt, oder ob das Hervortreten

Fig. 147.

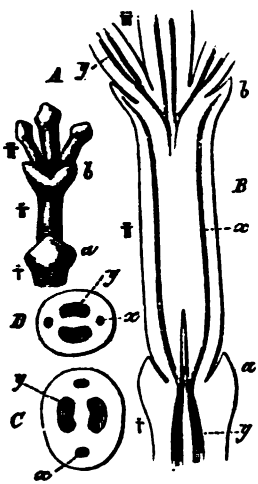


Fig. 147. Arceuthobium (früher Viscum) Oxycedri. *A* Kleiner Theil der Pflanze. I, II, III auf einander folgende Stengelglieder. *a* ein Schuppenblatt von oben gesehen, *b* ein anderes des folgenden Stengelgliedes von der Seite (die Blätter [zwei] sind gegenständig). *B* Dieselbe Figur als Längsschnitt. *C* Ein Querschnitt durch das Stengelglied I. *D* Ein Querschnitt durch das Stengelglied II. Die beiden grofsen mit *y* bezeichneten Gefäfsbündel vereinigen sich am Ende jedes Stengelgliedes, indem sie zwei kleinere Bündel (*x*) abgeben, welche in die beiden Blätter verlaufen; da sich nun die Blätter jedes folgenden Stengelgliedes mit einander kreuzen, so wechselt auch die Stellung der Gefäfsbündel mit jedem derselben. (*A* 4mal, *B*, *C* u. *D* 12mal vergröfsert.)

neuer Blätter den Verlauf der Gefäfsbündel regelt; soviel ist aber gewifs, dafs beide von einander abhängig sind. In der Blüthe kommt es nicht selten vor, dafs die Blätter zweier aufeinander folgender Kreise über einander stehen, ohne dafs ein Verkümmern eines dazwischen liegenden Kreises nachzuweisen ist. (Bei Manglesia und Grevillea, wo 4 Staubblätter vor 4 Blüthenhüllblättern stehen, desgleichen bei der männlichen Blüthe von Alnus, wo dasselbe stattfindet und in der Laubknospe von Coffea) (Fig. 144. p. 125.)

Aber nicht immer behalten die in der Knospe gegenständigen Blätter auch später diese Stellung; so trägt der Stammtheil des Keimes der Wallnufs (Juglans regia) zwei sich gegenüberliegende Reihen kleiner Blätter, deren jedes in seiner Achsel eine Knospe trägt. Ursprünglich liegen hier je 2 Blätter einander gegenüber, bei der Keimung aber ändern sie ihre Stellung zu einander; nur im unteren Stengelglied bleiben dieselben fast gegenständig, aufwärts rücken sie dagegen durch abwechselnd ungleichzeitige Ausbildung der sich gegenüberliegenden Seiten des Stengels mehr und mehr aus ihrer ursprünglichen Lage, so dafs zuletzt eine vollkommene Spiralstellung eintritt, bei welcher das dritte Blatt über demjenigen steht, von welchem die Zählung ausging (½ Stellung nach A. Braun). Ich vermuthe, dafs diese Art der Blattstellung mehrfach aus derselben Ursache, aus einer abwechselnd ungleichzeitigen Ausbildung der sich gegenüberliegenden Seiten der Stengelglieder, entspringt, zum wenigsten sah ich an einem wilden Zweig von Siringa vulgaris die anfangs regelmäfsig paarige Blattstellung allmälig auf dieselbe Weise in die ½ Stellung übergehn. Ja auf halber Höhe des Zweiges erschienen zwei Blätter neben einander, und von nun ab trat für eine kurze Strecke die ⅓ Stellung (das vierte Blatt über demjenigen, von dem die Zählung ausging) ein, welche allmälig wieder in die ½ Stellung zurückkehrte[1]).

Die spiralige Blattstellung kann demnach, auf die so eben beschriebene Weise aus der gegenständigen Stellung hervorgehen, sie kann aber auch ursprünglich in der Knospe vorhanden sein, welcher Fall wohl der ungleich häufigere ist. Eine Drehung des Zweiges während der Ausbildung der Stengelglieder kann überdies noch Unregelmäfsigkeiten in der Blattstellung bewirken. A. Braun[2]) und C. Schim-

---

[1]) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie der Gewächse p. 111.

[2]) A. Braun, vergleichende Untersuchung über die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen. Nova Acta C. L. N. C. Tom. XIV. Vol. 1. p. 195—402.

PER[1]) haben nun durch sehr zahlreiche Beobachtungen eine merkwürdige Regelmäſsigkeit in der spiraligen Blattstellung nachgewiesen; sie zählen hierbei sowohl die Blätter als die Umgänge, welche eine um den Zweig durch die Ansatzpunkte derselben gedachte Spirale beschreiben müſste, um das Blatt zu erreichen, welches genau über demjenigen steht, von welchem die Zählung ausging. Steht z. B. das dritte Blatt über dem ersten und macht die Spirale einen Umgang, so nennen sie diese Stellung $1/2$, steht dagegen das vierte Blatt über dem ersten, ebenfalls bei einem Umgang der Spirale, so heiſst dieselbe $1/3$; steht das sechste Blatt über dem ersten und beschreibt die Spirale zwei Umgänge, so heiſst sie $2/5$ u. s. w. Der Nenner bezeichnet hier die Zahl der Blätter, der Zähler dagegen die Zahl der Umläufe der gedachten Spirale. BRAUN und SCHIMPER fanden, daſs folgende Bruchreihen am häufigsten in der Natur vertreten sind: $1/2$, $1/3$, $2/5$, $3/8$, $5/13$, $8/21$ u. s. w., und daſs dieselben merkwürdiger Weise durch Addiren der Zähler und der Nenner der beiden vorhergehenden Brüche mit einander erhalten werden. Die Gebrüder BRAVAIS[2]) dagegen nehmen zweierlei Spiralen an, eine geradreihige, bei welcher ein bestimmtes Blatt genau über einem anderen steht (Quercus, Castanea) und eine krummreihige, wo kein Blatt genau über einem anderen folgt (Alnus); sie glauben auſserdem für alle Blattspiralen einen bestimmten Divergenzwinkel (137° 30′ 28″) gefunden zu haben.

Bei allen Blättern, welche den ganzen Umkreis des Vegetationskegels zu ihrer Bildung bedürfen, demnach bei allen stengelumfassenden Blättern, desgleichen bei solchen, welche mehr als die Hälfte desselben zu ihrer Entstehung gebrauchen und wohin die Mehrzahl der Gewächse mit spiraliger Blattstellung gehört (Quercus, Fagus, Carpinus, Alnus, Betula), kann natürlich zur Zeit nur ein Blatt unter dem Vegetationskegel der Knospe entstehen. Das folgende Blatt liegt nun dem ersten entweder gerade gegenüber, dann erhalten wir die $1/2$ Stellung (am wagerechten Seitenzweig von Castanea), oder es liegen die jungen Blätter auf einem Querschnitt durch die Knospe so, daſs drei, auf ungleichen Höhen entstanden, den Stamm umgeben ($1/3$ Stellung) und das vierte Blatt wieder vor dem ersten steht (Alnus glutinosa, jedoch

[1]) C. SCHIMPER, über die Möglichkeit eines wissenschaftlichen Verständnisses der Blattstellung, mitgetheilt von A. BRAUN. Flora 1835. — Naturforscher-Versammlung zu Heidelberg 1829.

[2]) L. et A. BRAVAIS. Mémoires sur la disposition géométrique des feuilles et des inflorescences, etc. Paris 1838.

hier nicht genau), oder es umgeben 5 Blätter auf diese Weise den Stamm, indem sie zweimal denselben umkreisen (⅖ Stellung) (Fig. 148), (Quercus, Fagus, Castanea am Haupttrieb) (Fig. 146. p. 128) Hier ist die Spiralstellung ursprünglich und nur die Steigung der Spirale ändert sich durch die Verlängerung der betreffenden Stengelglieder. Am Stamm und noch mehr am Zapfen der Nadelhölzer erscheint die Spiralstellung der Blätter am ausgeprägtesten; so zeigt ein Zweig von Abies pectinata, dessen Blätter abgefallen sind, dieselbe ganz besonders deutlich. Am Zapfen der Nadelhölzer lassen sich mehrere Spiralen, sowohl nach rechts als auch nach links aufsteigend gedacht, natürlich von verschiedener Steigung und deshalb von verschiedener Umlaufs- und Blätterzahl annehmen. Auch beachtet man überhaupt die Richtung der Spirale, welche man **rechtsgewunden** nennt, wenn dieselbe aufsteigend sich von links nach rechts windet, **links gewunden** dagegen, wenn sie in der umgekehrten Richtung aufsteigt. Bei Saccharum und bei den Gräsern[1]) überhaupt, ferner bei Alpinia, Furcroya u. s. w. greift bei abwechselnden Blättern, das eine Blatt mit dem rechten, das folgende aber mit dem linken Rande über (Fig. 149), das eine Blatt folgt einer links, das andere einer rechts gewundenen Spirale. (Man vergl. Fig. 124. p. 88.)

Fig. 148.

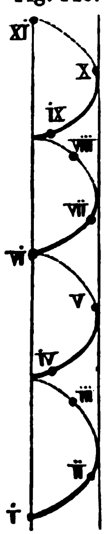
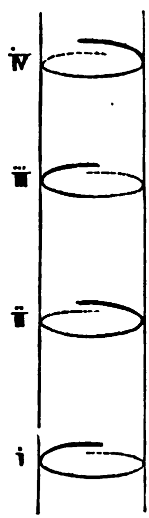


Fig. 149.



Da nicht alle Pflanzen eine spiralige Blattstellung besitzen, andere aber bei spiraliger Stellung der Laubblätter in der Blüthe Blätterkreise entwickeln, welche wohl nicht immer auf eine Spirale zurückzuführen sind, ja die Dicotyledonen **sämmtlich** mit zwei oder mehr gegenständigen Samenlappen keimen, so kann man in der Spirale nur eine Folge ganz bestimmter Entwickelungsverhältnisse, deren letzte Ursache man zur Zeit nicht kennt, erblicken. Die beiden ersten Laubblätter der keimenden Buche, welche mit den Samenlappen alterniren, sind überdies gegenständig, sie haben keine oder nur sehr rudimentäre Nebenblätter, während die folgenden spiralig gestellten Laubblätter mit solchen

[1]) Man vergleiche Wydler, zur Kenntnifs der Grasinflorescenz in Nägeli's Zeitschrift Heft 3—4. B. 2. und A. Braun, Nova Acta Leop. Vol. XV. p. 1.

versehen sind. Die ersten Nadeln der jungen Tanne, welche mit den Samenlappen abwechseln, stehen ebenfalls im Kreise, erst im zweiten Lebensjahre erscheint hier die Spiralstellung. Die Blattkreise bei gegenständiger Blattstellung, desgleichen in der Blüthe als unterdrückte Spiralen zu betrachten, weil in seltenen Fällen hier und da einmal die normale Stellung abweicht[1]), halte ich nicht für gerechtfertigt, da man niemals aus den Ausnahmen die Regel construiren darf.

Wie die Stellung der Blätter am Stamm, so ist auch deren Richtung häufig bei derselben Pflanze nach dem Theil, der sie trägt, verschieden. Bei Abies pectinata und Taxus baccata stehen die Blätter an den wagerechten Seitentrieben anders als am Haupttrieb, hier stehen die Nadeln rund um den Stamm und ihre Blattfläche steigt aufwärts, dort liegen sie flach und zwar nach jeder Seite des Zweiges in zwei oder drei sich deckenden Reihen. Sichtbar wirkt hier das Licht auf die Lage der Blätter, denn bei der Tanne ändert ein Seitentrieb seine Blätterrichtung, sobald er senkrecht wächst, was öfter geschieht, wenn der Haupttrieb verloren gegangen ist und ein Seitentrieb zum Ersatz desselben auftritt. Die Blüthen- und Fruchtäste desselben Baumes, deren Richtung zwischen beiden liegt, vermitteln überdies die Blätterlage beider. Auch bei der Fichte (Picea vulgaris) ändert sich die Blätterlage nach der Richtung des Zweiges; liegt derselbe wagerecht, so stehen die Nadeln nahebei zweizeilig wie am wagerechten Seitenzweig der Tanne, steigt er dagegen als Haupttrieb empor oder hängt er als schwacher Seitenzweig herab, so stehen die Nadeln mit ihrer Spitze der Endknospe des Zweiges zugewendet rund um den Stammtrieb.

Bei der Tanne, Fichte und dem Eibenbaum ist die Stellung der Blätter selbst an den Zweigen dieselbe, die Richtung der letzteren

Fig. 148. Schematische Darstellung der rechtsgewundenen Blattspirale bei ⅖ Stellung. Auf der vorderen Seite ist die Linie dick, auf der hinteren nur punktirt. Ueber dem Blatte I steht das Blatt VI und das Blatt XI, über II steht VII, über III steht VIII, über IV steht IX und über V steht X.

Fig. 149. Schematische Darstellung des Stammes von Saccharum. Blatt I und III folgen einer links-, Blatt II und IV einer rechtsgewundenen Spirale.

---

[1]) So fand ich selbst einmal ein Exemplar von Hippuris vulgaris mit spiraliger Blattstellung, für Equisetum ist in seltenen Fällen dasselbe bekannt, beide lassen sich jedoch nach dem oben angegebenen Fall bei Siringa leicht erklären. Bei Viscum, Arceuthobium und Ephedra habe ich niemals eine Spirale gefunden.

veranlafst hier nur eine verschiedene Lage derselben; bei der Kastanie (Castanea vesca) ist dagegen auch die Stellung der Blätter nach den Zweigen verschieden; alle aufrechtstrebenden Zweige haben eine ²/₅ Stellung, alle mehr wagerecht liegenden Seitenzweige besitzen dagegen eine abwechselnd zweizeilige (½) Stellung; sie tragen ihre Blätter nahebei wagerecht. Im Allgemeinen erkennt man in der Lage der Blattfläche ein Streben derselben ihre gröfste Fläche dem Lichte darzubieten, daher tragen die Blätter im allgemeinen ihre Blattfläche mehr oder weniger wagerecht, nur einige neuholländische Pflanzen machen hier eine Ausnahme, indem bei ihnen die Blattfläche nahebei senkrecht liegt, weshalb sie trotz starker Belaubung wenig Schatten gewähren (Eucalypthus und die neuholländischen Mimosa- und Acacia-Arten).

Die Knospenbildung auf dem Blatte und das Absterben der Blätter.

§. 51. Die Bildung von Knospen im Gewebe des Blattes ist zwar nicht häufig, aber dennoch für mehrere Pflanzen bekannt. (Bryophyllum, Malaxis paludosa, Cardamine pratensis, viele Farrnkräuter u. s. w.) Bei Bryophyllum erscheinen dieselben in den Kerben des Blattrandes. Untersucht man ein junges Blatt dieser Pflanze, auf dem sich noch keine Spur künftiger Knospen zeigt, so sieht man auf gelungenen Flächenschnitten mehrere Gefäfsbündel des Blattes an der Stelle, wo später die Knospe entsteht, zusammentreffen, gleichzeitig liegt an demselben Ort ein aus hellen cambiumartigen Zellen bestehendes Gewebe. In älteren Blättern findet man auf zarten Längsschnitten an dieser Stelle die erste Anlage der Knospe, aus einem flachen Zellenkegel, einem ächten Vegetationskegel, bestehend, in dessen Gewebe sich die Gefäfsbündel des Blattes verlängert haben. Diese Knospenanlage bildet bald darauf Blätter und Nebenwurzeln und erscheint so als junge Pflanze auf dem alten Blatte.

Das Erscheinen der Knospen auf dem Blatte kann wenig befremden, da wir wissen, dafs überall, wo Gefäfsbündel mit einem jugendlichen sehr thätigen Gewebe zusammentreffen, auch Knospen entstehen können. So bildet der Blattstiel vieler Gesneriaceen, wenn er geknickt wird, an dieser Stelle Adventivknospen, welche der Gärtner als Ableger verpflanzt. An der geknickten Stelle wird nämlich das parenchymatische Gewebe besonders thätig, gleich dem Vernarbungsgewebe

der Rinde über erhaltenen Verletzungen, an welchen Orten bekanntlich gern Knospen entstehen.

Nach H. v. Mohl (veget. Zelle p. 106) sind abgeschnittene, in feuchte Erde gelegte Blätter sehr geneigt, Wurzeln zu treiben. Ein Blatt der Mentha piperita, welches Wurzeln geschlagen, erhielt sich nach Knight über ein Jahr lang lebendig. Wenn sich später auf einem solchen Blatte noch eine Stammknospe bildet, so kann aus ihm eine neue Pflanze hervorwachsen.

Die Lebensdauer des Blattes ist nach den Pflanzen verschieden, bei einjährigen Gewächsen, desgleichen bei solchen perennirenden Pflanzen, welche sich im Herbste entlauben, ist dieselbe für das ausgebildete Blatt nur auf eine Wachsthumsperiode beschränkt, bei immergrünen Gewächsen dauert sie dagegen länger. So trägt die Kiefer (Pinus sylvestris) ihre Doppelnadeln 3 bis 4 Jahre, die Tanne und die Fichte (Abies pectinata und Picea vulgaris) behalten ihre Nadeln 10 bis 12 Jahre, die Mistel (Viscum album) trägt ihre grünen Blätter zwei Jahre, sie werden im Herbst abgeworfen, deshalb findet man im Winter nur die letzten Stengelglieder belaubt, während im Sommer zwei, bei jungen Pflanzen sogar drei Stengelglieder Blätter tragen. Quercus Ilex und Coffea arabica, desgleichen Citrus behalten ihre Blätter von einem Frühjahr bis zum andern, sie verlieren ihre alten Blätter, wenn die neuen entfaltet sind. Anona squamosa wirft ihre alten Blätter ab, wenn die neuen hervorbrechen. Die jungen Zweige der Opuntia Ficus indica verlieren dagegen ihre kleinen fleischigen, niemals fehlenden, Blätter schon nach einigen Wochen, so dafs nur die Blattnarben mit ihren Haaren und Stacheln noch deren Stelle verrathen.

Nicht die kalte und die gemäfsigte Zone allein besitzen perennirende Pflanzen, welche für eine Zeit lang ohne Blätter stehen, auch die Tropen haben Gewächse dieser Art, wenngleich in geringerer Anzahl. Der Feigenbaum (Ficus Carica) und der Baobab (Adansonia digitata) stehen auf den canarischen Inseln vom Herbst bis zum Frühling blattlos, die Poinsettia pulcherrima dagegen trägt nur im Winter ihre schön gefärbten Blätter. Die Bäume der gemäfsigten Zone in ein milderes Klima verpflanzt, tragen hier ihre Blätter etwas länger; so blieben die Eiche (Quercus Robur), die Kastanie (Castanea vesca) und die Platane (Platanus orientalis) auf Madeira (1855) bis zu Anfang des Decembers grün, es färbten sich alsdann auch die Blätter der Platane gelb, blieben aber noch lange vertrocknet am Baume, bis endlich der Sturm das dürre Laub hinwegführte (im Januar 1856). Bei uns verliert die Platane

dagegen mit dem ersten Froste ihre grünen Blätter, welche selten bis zur herbstlichen Entfärbung kommen.

Alle mit einem Blattgelenk versehenen Blätter trennen sich, wenn ihre Zeit gekommen ist, durch dasselbe vom Zweige; in diesem Blattgelenk entsteht nämlich ganz allmälig eine Korkschicht, welche den Saftaustausch vom Blatte zum Stamme und umgekehrt ebenso allmälig aufhebt. Nun ist es wieder schwer zu entscheiden, ob das Entstehen der Korkschicht im Blattgelenk die Ursache des allmäligen Absterbens der Blätter ist, oder ob die allmälig abnehmende Thätigkeit der letzteren das Vertrocknen einer dort vorhandenen zarten Zellschicht und damit die Bildung des Korkes nach der Seite des Zweiges hin begünstigt, was vielleicht das Wahrscheinlichere ist. Sobald sich das Blatt vom Zweige trennt, erscheint die Narbe desselben durch eine Korkschicht bedeckt. Die zusammengesetzten Blätter, bei denen jedes Einzelblatt mit einem Gelenk versehen ist, verlieren häufig einzeln ihre Blättchen (Robinia pseudacacia, Aesculus Hippocastanum), so dafs der leere Blattstiel sich zuletzt vom Zweige trennt.

Wo kein Gelenk vorhanden ist, wird das Blatt auch nicht abgeworfen, vertrocknet bleibt es zurück, wie dies sehr viele Palmen, desgleichen die Banane zeigen; in unseren Breiten sehen wir dasselbe an den Gräsern, desgleichen an den Laubmoosen (Polytrichum), wo die vertrockneten Blätter jahrelang am Stamme verbleiben. Viele Farrnkräuter (Struthiopteris, Aspidium filix mas) behalten gleichfalls die Basis ihrer vertrockneten Wedelstiele, während andere ihre Wedel durch ein Gelenk abwerfen (Alsophila, Cyathea u. s. w.).

Die herbstliche Färbung der Blätter beruht auf einer chemischen Veränderung des Blattgrüns. Wie das junge Blatt, wenn es im Frühjahr die Knospe verläfst, mehr gelb als grün gefärbt ist und erst mit seiner Ausbildung eine gesättigtere Färbung annimmt, welche von der Menge des in seinem Parenchym entstandenen Blattgrüns abhängig ist, so ändert es wiederum im Herbst seine Färbung, indem die bis dahin grünen Farbstoffkörner (Chlorophyll) in einen gelben (Xanthophyll) oder in einen rothen (Erythrophyll) Farbstoff übergehen. Endlich vertrocknet das Blatt und bleibt noch längere oder kürzere Zeit, was vielfach von der Witterung abhängig ist, in diesem Zustand am Zweige.

Die zur **Blüthe** gehörigen Blätter (phylla) werde ich weiter oben beim Geschlechtsapparat der Pflanze besprechen.

III. Die Wurzel.

§. 52. Die Wurzel (radix) entsteht aus einer Wurzelknospe, welche sich von der Stammknospe durch einen bedeckten, d. h. von einer Wurzelhaube umhüllten, Vegetationskegel unterscheidet und ihre Spitze endigt wieder mit einer solchen. Die Wurzel wächst wie der Stamm an ihrer Spitze durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der schon vorhandenen, aber sie kann keine Blätter bilden, weil ihre aus absterbenden Zellenschichten bestehende Wurzelhaube, welche sich mit dem Längswachsthum derselben von innen her erneuert, während sie von aufsen her abstirbt, den Theil, der die Blätter bilden müfste, bedeckt. — Im Allgemeinen ähnlich wie der Stamm gebaut, erfolgt auch das Dickenwachsthum der Wurzel durch den Verdickungsring, der jedoch nur bei den Dicotyledonen lange thätig bleibt, dessen Wachsthum dagegen bei den Monocotyledonen und Kryptogamen früh erlischt, wodurch überdies sehr wesentliche Verschiedenheiten in der Anordnungs- und Ausbildungsweise der Gefäfsbündel veranlafst werden. Während nun die Wurzel an ihrer Spitze fortwächst, stirbt ihre Aufsenwand an den älteren Theilen ab, deshalb ist nur die mit einer thätigen Oberhaut versehene Wurzelspitze fähig von aufsen her Nahrung aufzunehmen. — Die Pfahlwurzel ist die unmittelbare Verlängerung des dem Knospenmund der Samenknospe zugewendeten Theils der Keimachse eines phanerogamen Embryo. Die Nebenwurzel dagegen kann gleich der Nebenstammknospe überall entstehen, wo Gefäfsbündel mit einem fortbildungsfähigen Parenchym zusammentreffen; deshalb bildet sie sich vorzugsweise am Verdickungsring des Stammes und der Wurzel, ja die letztere verzweigt sich nur auf diese Weise oder durch Theilung der Wurzelspitze selbst. — Die Wurzel ist für viele Pflanzen Haft- und Ernährungsorgan zugleich, denn sie entnimmt dem Medium, in dem sie lebt, dem Boden, dem Wasser oder der Luft, in Wasser gelöste oder gasförmige Nahrungstoffe. Bei der Keimung des Samens sucht sie die Erde, während der junge Stamm dem Licht entgegenstrebt. — Die Wurzelknospe ist das unentwickelte, aber entwickelungsfähige Ende einer Wurzel.

Die Wurzel ward von Alters her schon durch den Sprachgebrauch vom Stamme unterschieden; einen sicheren, auf Entwickelungsgeschichte und vergleichende Anatomie gegründeten Unterschied hat dagegen erst die neueste Zeit geliefert, indem sich die für die Wurzeln mancher Pflanzen, z. B. Lemna [1]), längst

[1]) Schleiden's Grundzüge. Ausg. II. Bd. II. p. 120.

bekannte Wurzelhaube jetzt als **allgemeines** Kennzeichen **aller** Wurzeln aufstellen läfst[1]). Die Beobachtungen der meisten neueren Forscher[2]), welche sich mit höheren Pflanzen beschäftigen, haben unsere Kenntnifs vom Bau der Wurzel, welche im Allgemeinen noch sehr in der Kindheit liegt, wesentlich bereichert; so hat Hofmeister[3]) die Wurzelhaube für die höheren Kryptogamen nachgewiesen und Karsten[4]) die Entwickelungsgeschichte der Wurzel bei den Palmen verfolgt. Eine richtige Abbildung der Wurzelspitze mit ihrer Haube ist auch von Link[5]) gegeben; zuletzt hat Wigand[6]) über den Bau der Wurzel und deren Richtung beim Keimen und Sachs[7]) über die gesetzmäfsige Stellung der Nebenwurzeln geschrieben. Ich selbst habe die Wurzel sehr zahlreicher, sowohl einheimischer als tropischer Pflanzen mit dem Stamme vergleichend untersucht[8]).

Die stamm- und blattlosen Pflanzen (Pilze, Flechten und Algen) besitzen auch keine eigentliche Wurzel, selbst den Moosen und den Lebermoosen[9]) fehlt dieselbe noch, dagegen ist sie von da ab für alle Pflanzen, wenigstens der Anlage nach, vorhanden und kommt auch bei der Mehrzahl derselben zur weiteren Ausbildung.

Man kann zwei Arten der Wurzel unterscheiden: 1. die Pfahlwurzel, eine unmittelbare Verlängerung der Keimachse des Embryo, und 2. Nebenwurzeln, welche im Innern eines Gewebes entstehen und aus demselben hervorbrechen.

Wenn man den reifen Samen einer phanerogamen Pflanze untersucht, so findet man das Würzelchen (Radicula) des Keimes immer dem Knospenmunde zugewendet; dasselbe besteht bei den Dicotyledonen aus einer ächten Wurzelknospe, bei den Monocotyledonen dagegen aus einem Gewebe, in dessen Innern sich die ersten Wurzelknospen der Keimpflanze bilden. Alle Dicotyledonen keimen deshalb mit einer ächten Pfahlwurzel, welche die directe Verlängerung der Radicula bildet, alle Monocotyledonen keimen dagegen mit Nebenwurzeln. Ausgenommen sind hier diejenigen Pflanzen, welche einen sehr unentwickelten kugelförmigen Keim besitzen, der weder Plumula noch Radicula unterscheiden läfst (Orobancheae, Rafflesiaceae, Hydnora, Monotropaeae und Orchideae).

---

1) Meine Pflanzenzelle. p. 299.

2) Ohlert, Linnaea 1837. p. 609.

3) Hofmeister, vergleiche Untersuchung der höheren Kryptogamen, ferner dessen Beiträge zur Kenntnifs der Gefäfskryptogamen.

4) H. Karsten, die Vegetationsorgane der Palmen. Monatsbericht d. B. Akademie 1847.

5) Link, das Wachsen und Anwachsen; Verhandlungen des Pr. Gartenbau-Vereins 1850.

6) A. Wigand, Botanische Untersuchungen. p. 133.

7) Sitzungsbericht der Wiener Akademie 1858.

8) H. Schacht, zur Entwickelungsgesch. der Wurzel. Flora 1853; derselbe Aufsatz in meinen Beiträgen zur Anatomie; ferner p. 170—192 meines Baumes.

9) Auch die blattlosen Sprossen von Haplomitrium Hookeri sind nach Hofmeister keine Wurzeln, denn ihnen fehlt die Wurzelhaube. (Berichte der Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1854. p. 97.)

Die Farrnkräuter keimen wieder mit einer Wurzel, die sich an der Oberfläche der Keimachse bildet, und die man deshalb wohl als Pfahlwurzel betrachten darf.

Die Wurzelknospe.

§. 53. Verfolgt man die Entwickelungsgeschichte des Keimes der Nadelhölzer (Abies, Pinus, Picea, Thuja), so findet man zu der Zeit, wo die Samenlappen als kleine Erhebungen um den Vegetationskegel der Stammknospe (der Plumula) entstehen, am entgegengesetzten Ende der Keimanlage auch die ersten Anfänge der Wurzelknospe. Nachdem sich nämlich dieser Theil des jungen Embryo vom Gewebe des Embryonalstranges[1]), mit dem er noch verbunden ist, differenzirt hat, hören die äufseren Zellschichten des Wurzelendes auf neue Zellen zu bilden, während unter ihnen die Zellenbildung fortdauert; auf diese Weise entsteht eine Umhüllung älterer Zellen über dem Vegetationskegel der Wurzelanlage, welche, während ihre äufseren Schichten allmälig absterben oder verkorken, von innen her durch neue Schichten ersetzt werden. Diese Umhüllung des Vegetationskegels der Wurzel wird Wurzelhaube genannt, sie ist mit demselben in ihrer Mitte durch einen mäfsig breiten Zellenstrang organisch verbunden und wächst durch und mit dem Vegetationskegel weiter (Fig. 150). Bei

Fig. 150.

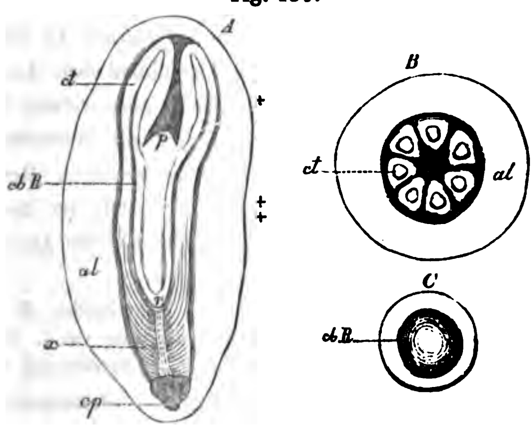
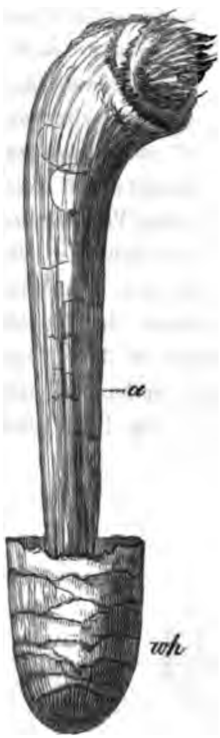


Fig. 150. Der Kern, d. h. das Sameneiweifs mit dem Keim, des Samens der Kiefer (Pinus silvestris). *A* Im Längsschnitt, *al* Sameneiweifs, *cbR* Ver-

1) Siehe weiter oben bei der Befruchtung der Nadelhölzer.

den Nadelhölzern ist nun die Wurzelhaube im Keim sowohl als auch bei jeglicher Nebenwurzel besonders stark entwickelt, weshalb sich gerade diese zum Studium ihres Baues ganz besonders eignen, sie fehlt aber keiner Wurzel überhaupt, nur ist sie dem Grade nach bei einigen Pflanzen mehr, bei anderen weniger ausgebildet. Die Nebenwurzeln von Pandanus, welche von der Stärke eines Fingers und darüber aus dem Stamm hervorbrechen und sich allmälig in den Boden senken, tragen ebenfalls eine sehr ausgebildete Wurzelhaube, welche, wenn die abgeschnittene Wurzel zusammentrocknet, gleich einer aus Schichten zusammengesetzten Kappe das Ende derselben bekleidet und wohl das anschaulichste Präparat für die Wurzelhaube abgiebt (Fig. 151).

Fig. 151.



Die Wurzelhaube ist das Kennzeichen der Wurzel, welche, weil ihr Vegetationskegel nicht wie beim Stamm frei, sondern von ihr bedeckt ist, keine Blätter zu bilden vermag. Die Wurzelhaube schützt die jugendliche Spitze der in der Erde fortwachsenden Wurzel, welche sich im Boden ihre Wege bahnen mufs, und ohne sie den Widerstand desselben schwerlich besiegen würde; sie fehlt aber auch den im Wasser und in der Luft lebenden Wurzeln nicht, obschon selbige kein solches Hindernifs zu überwinden haben. Bei den eigenthümlichen Luftwurzeln von Laurus canariensis, über welche ich später reden werde, läfst sich die Wurzelhaube nur im Knospenzustande nachweisen. Der Vegetationskegel der Wurzel besteht im übrigen wie beim Stamm aus einem Gewebe kleiner zarter

dickungsring, *ct* Samenlappen, *cp* Corpusculum, *x* Wurzelhaube. *B* Ein Querschnitt in der Höhe von +. *C* Ein Querschnitt in der Höhe von ‡. Das Sameneiweifs ist entfernt. Die Bezeichnungen wie bei *A*. (Vergröfserung 30mal.)

Fig. 151. Eine junge Luftwurzel von Pandanus odoratissimus im vertrockneten Zustande. Die Wurzel (*a*) hat sich beim Austrocknen stark zusammengezogen, wodurch die Wurzelhaube, *wh*, welche hier aus zahlreichen sich unregelmäfsig deckenden Schichten besteht, besonders deutlich hervortritt. (Natürliche Gröfse.)

Zellen, welche fortdauernd neue Zellen bilden und dadurch das Spitzenwachsthum der Wurzel unterhalten; in dasselbe verliert sich bei dicotyledonen Pflanzen der Verdickungsring der Keimachse und unter ihm verschwinden bei allen Wurzeln die Gefäfsbündel, indem sie sich mit ihm an ihrer Spitze fortbilden. Das Längswachsthum der Wurzel unterscheidet sich demnach vom Stamm nur dadurch, dafs fortdauernd die äufsersten Zellenschichten seiner Spitze zur Fortbildung der Wurzelhaube absterben und dafs die Gefäfsbundel, weil keine Blätter entstehen, auch nicht unter dem Vegetationskegel austreten.

Wie die Knospe für die Pfahlwurzel am dicotyledonen Embryo, so entsteht auch die Knospe für die Nebenwurzel am monocotyledonen Keimling, oder überhaupt in irgend einem fortbildungsfähigen und mit Gefäfsbündeln versehenen Pflanzengewebe. Einige Gräser keimen mit mehreren Nebenwurzeln (Triticum fastuosum, Fig. 85. p. 6). Man verfolgt das Entstehen der Nebenwurzel am besten bei der Wurzel selbst, wo sie am Cambiumring jedoch nur da, wo ein Gefäfsbündel liegt, auftritt, um eine neue Seitenwurzel zu bilden (Fig. 152). Zuerst erscheint hier an der Rindenseite des Cambiums eine flachkegelförmige Anhäufung kleiner Zellen (*c*), deren breite Basis mit dem Cambium organisch verbunden ist. Während sich dieser Zellenkegel mehr und mehr erhebt, hören die äufseren Schichten seiner Spitze alsbald auf neue Zellen zu bilden und es entsteht die Wurzelhaube (*d*). Die noch in der Rinde liegende Wurzelknospe drängt darauf, indem sie fortwächst, das sie umgebende Rindenparenchym, welches im Umkreis derselben vertrocknet, vor sich hin, bis sie zuletzt dasselbe durchbricht und als Nebenwurzel in's Freie tritt (*e*). In ihrem Innern hat sich jetzt ein Verdickungsring, der Mark von Rinde scheidet, gebildet und in diesem entstehen von der Basis her Gefäfsbündel für

Fig. 152.

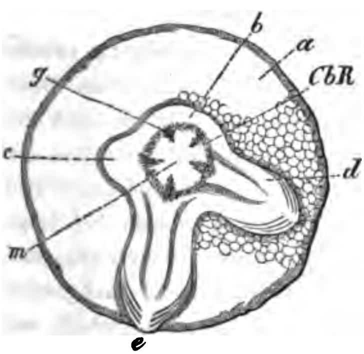


Fig. 152. Querschnitt durch eine junge Wurzel von Alnus glutinosa. *a* Der äufsere Theil der primären Rinde, *b* der innere Theil, *CbR* der Cambiumring, *c*, *d* und *e* junge Seitenwurzeln, welche nur da entstehen, wo ein Gefäfsbündel (*g*) liegt. (Vergröfserung 40mal.)

die neue Wurzel, welche mit dem Gefäfsbündel, an welchem dieselbe entstanden ist, in unmittelbarer Verbindung stehen, ja die gewissermafsen von ihnen ausgehen[1]).

Die Entwickelungsweise der Nebenwurzeln ist bei allen überhaupt mit Wurzeln versehenen Gewächsen dieselbe. Ich verfolgte sie bei Opuntia, Euphorbia canariensis, Pinus, Abies, Araucaria, Zamia, Quercus, Fagus, Juglans, Alnus, Monotropa, Chamaedorea, Dracaena, Goodyera, Aspidium u. s. w. Auch ist es einerlei ob die Knospe für die Nebenwurzel an einer Wurzel oder an einem Stamme entstanden ist. In beiden Fällen tritt sie an der Aufsenseite des Cambiumringes hervor und bildet sich in der Rinde liegend weiter, man unterscheidet sie von einer Nebenstammknospe erst, wenn sie die Anlage zur Wurzelhaube gebildet hat. In ihrer Fortbildungsweise und in ihrem inneren Baue gleicht sie durchaus der Pfahlwurzel, welche sie deshalb sehr wohl ersetzen kann, z. B. bei allen Stecklingen; ihr Hauptkennzeichen ist, wie dort, der von einer Wurzelhaube bedeckte Vegetationskegel.

Die Wurzel im Allgemeinen.

§. 54. Alle wesentlichen Unterschiede im Wachsthum zwischen Wurzel und Stamm sind zunächst Folgen der verschiedenen Organisation; die Wurzel hat nämlich, da sie keine Blätter bildet, auch keine durch letztere geregelte Verzweigung, die Seitenwurzeln entstehen ohne bestimmte Ordnung am Cambiumring einer schon vorhandenen Wurzel, jedoch nur da wo ein Gefäfsbündel liegt, und deshalb bei jungen Wurzeln in Längsreihen, wie ich dies bereits für Juglans[2]) angegeben, was jetzt durch Sachs[3]) auch bei anderen Keimpflanzen nachgewiesen ist. Die Seitenwurzeln einer Hauptwurzel lassen sich deshalb auch nicht, wie die aus Achselknospen entsprungenen Zweige eines Stammes, bis zum Mark der Wurzel, welche sie entsandte, verfolgen, endigen vielmehr gleich den aus Nebenknospen hervorgegangenen Zweigen eines Stammes bei dicotyledonen Pflanzen im Holzring und zwar nach der Zeit ihres Entstehens näher oder ferner vom Marke, wie dies Quer- und Längsschnitte durch die Pfahlwurzel von Daucus Carota gar vortrefflich zeigen. Im übrigen verhält sich die Hauptwurzel (Wurzel erster Ordnung) zur Seitenwurzel, die an ihr entstanden ist

---

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. p. 156—164. Taf. IX.
[2]) Ueber die Keimung der Wallnufs, in meinen Beiträgen p. 108.
[3]) Die gesetzmäfsige Stellung der Nebenwurzeln. Wien 1858.

(Wurzel zweiter Ordnung) und diese wieder zur schwächeren Seitenwurzel (Wurzel dritter und vierter Ordnung) wie sich der Stamm zum Ast und dieser zum Zweig verhält, indem ein schwacher Wurzelzweig bei den Dicotyledonen allgemach zum starken Wurzelast heranwachsen kann.

Die phanerogame Wurzel[1]) hat ihrer Anlage nach, mit wenig Ausnahmen (Cicuta virosa, Viscum album), wie der Stamm, ein centrales Mark, einen Verdickungsring und eine primäre Rinde, und diese läfst in den meisten Fällen wieder zwei Schichten, eine äufsere und eine innere unterscheiden, was bei dem Stamme nicht der Fall ist. Die erstere, welche ich Aufsenrinde der Wurzel nenne, stirbt frühe ab, und durch ihr Absterben erfährt man bei der dicotyledonen Keimpflanze die Grenze zwischen Stamm und Wurzel. Diese Grenze nun liegt nicht bei allen Pflanzen auf gleicher Höhe; bei den meisten Coniferen (Fig. 153),

Fig. 153.



Fig. 154.

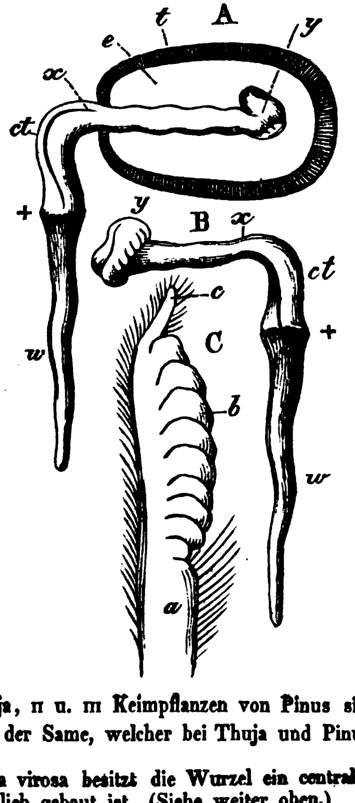


Fig. 153. I Keimpflanze von Thuja, II u. III Keimpflanzen von Pinus silvestris, IV Keimpflanze von Ephedra, s der Same, welcher bei Thuja und Pinus

---

1) Bei Viscum album und Cicuta virosa besitzt die Wurzel ein centrales Gefäfsbündel, das bei Cicuta eigenthümlich gebaut ist. (Siehe weiter oben.)

ferner bei Tilia, Ulmus (Fig. 130. p. 95), Fagus und Alnus, überhaupt bei allen Gewächsen, welche beim Keimen ihre Samenlappen über die Erde erheben, liegt sie mit dem Boden in gleicher Linie, also bedeutend tiefer als die Samenlappen; bei Araucaria, Zamia (Fig. 154), Quercus, Castanea, Juglans, überhaupt bei solchen Pflanzen, welche ihre Keimblätter nicht über die Erde bringen, liegt sie dagegen unmittelbar unter denselben. Das frühzeitige Absterben der Aufsenrinde der Wurzel bezeichnet in beiden Fällen durch eine braune Färbung als scharfe Grenze diese Region, welche der Forstmann bei erwachsenen Bäumen den Wurzelknoten nennt. Bei den Pflanzen mit unentwickelten Blättern (Opuntia, Euphorbia canariensis) ist der Achsentheil unter den Samenlappen stielrund und von dem über den Samenlappen beginnenden eigentlichen, bei Opuntia flächenartigen und bei Euphorbia kantigen Stamm auch anatomisch verschieden, er gleicht hier mehr der Wurzel, hat aber, soweit er sich über der Erde befindet, kein Wurzel-Epithelium. Man hat diesen Theil bei der Buche u. s. w. Cauliculus genannt.

Die Oberhaut des absorbirenden Theiles der Wurzel ist zartwandig und entweder papillös (bei Abies, Monotropa, Orobanche) oder häufiger mit zartwandigen Haaren, den Wurzelhaaren, welche, so viel mir bekannt ist, immer einzellig sind, versehen. Mit der Aufsenrinde stirbt natürlich auch diese Oberhaut ab.

Gleich dem Stamm verlängert sich auch die Wurzel durch ihren Vegetationskegel, denn der einmal ausgebildete ältere Theil derselben wächst wie dort, wenn in den Gefäfsbündeln die Verholzung begonnen, nicht mehr in die Länge (Vergl. Bd. 1. p. 102). Versuche von Link,

über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweifs verbraucht ist, abgestreift wird (n), bei Ephedra dagegen in der Erde verbleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Ein besonderes saftiges Gewebe unter dem Knospenkern (*y*) vermittelt hier die Ernährung durch das Sameneiweifs. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

Fig. 154. Keimung von Zamia spiralis. *A* Der Same ist der Länge nach durchschnitten, *t* der innere holzige Theil der Samenschale, *e* das Sameneiweifs. Die beiden Samenlappen (*ct*) des Keimlings sind bei *x* mit einander verwachsen; nur einer derselben ist an seinem Ende (*y*) einem jungen Wedel gleich ausgebildet. Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel (*w*) ist mit + bezeichnet. *B* Die Keimpflanze freigelegt. Die Bezeichnung wie bei *A* (beide Figuren in natürlicher Gröfse.) *C* Ein ganz junger Wedel 8mal vergröfsert. *a* Der Wedelstiel, *b* die Fiederblätter, *c* das Ende des Wedelstiels.

OHLERT und zuletzt von WIGAND[1]) angestellt, haben nun gezeigt, dafs proportional der Entfernung von der Wurzelhaube die Verlängerung der Wurzel abnimmt, bis sie zuletzt ganz aufhört. WIGAND theilte die 3''' lange Wurzel einer keimenden Erbse durch Tintenstriche in 4 gleiche Theile. Nach 3 Tagen hatten sich die beiden ersten, den Cotyledonen zunächst gelegenen Abschnitte fast gar nicht verlängert, der dritte hatte um das Doppelte, der letzte aber um das 8fache zugenommen. — Weil nun die Aufsenrinde der älteren Wurzeltheile bei den meisten Pflanzen frühzeitig abstirbt und dadurch mit ihr die dem Boden Nahrung entziehende Oberhaut verloren geht, so bleibt nur ein kleiner Theil der Wurzel, nämlich deren jugendliche Spitze, zur Aufnahme der Stoffe aus dem Boden fähig. Diese rückt aber beim Längswachsthum beständig weiter vorwärts und kommt so nach einander mit neuen Theilen der Erde in Berührung, welchen sie die im Wasser löslichen Stoffe entzieht. Auf diese Weise kann die perennirende Pflanze, z. B. der Baum, viele Jahre hindurch aus einer beschränkten Bodenfläche Nahrung empfangen, was, wenn die Wurzel anders gebaut wäre und ihre absorbirende Oberfläche immer an demselben Orte verbliebe, nicht wohl möglich sein würde, weil die löslichen Verbindungen im Erdreich von ihr bald aufgesogen sein müfsten; jetzt aber gewinnt der Boden Zeit durch Verwitterung des Gesteins und Verwesung der in ihm enthaltenen organischen Stoffe neue lösliche Verbindungen zu beschaffen, welche vielleicht über kurz oder lang von einer anderen Wurzelspitze derselben Pflanze, die in diese Region des Bodens gelangt, aufgesogen werden. Die jugendliche, in der Regel gelbgefärbte Wurzelspitze stärkerer Wurzeln wird von dem Forstmann Saugwurzel genannt. — Beim Verpflanzen der Gewächse hat man namentlich darauf zu achten, dafs die Wurzelspitzen möglichst unbeschädigt bleiben und ebensowenig vertrocknen, was sehr bald geschieht, da ihre zur Aufsaugung geschickte Oberfläche in trockener Luft sehr leicht das Wasser abgiebt.

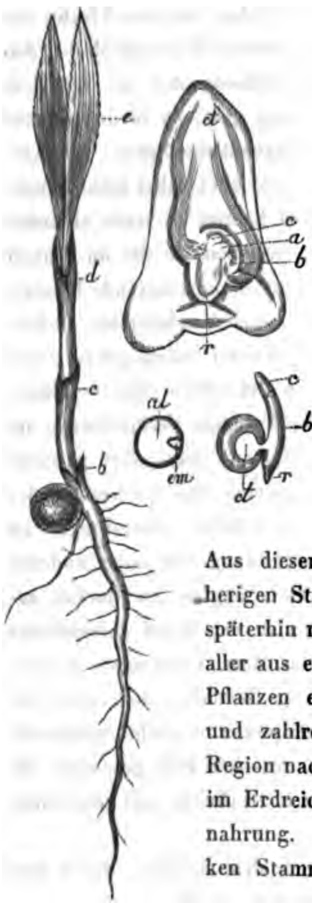
Im Umfang wächst die Wurzel, gleich dem Stamm, durch den Verdickungsring, dessen Thätigkeit jedoch bei den Kryptogamen und den Monocotyledonen zeitig erlischt, bei den Dicotyledonen dagegen mit wenig Ausnahmen (die Nebenwurzeln von Cicuta virosa) unbegrenzt fortdauert. Die beiden erstgenannten haben deshalb nur selten

---

[1]) WIGAND, botanische Untersuchungen. p. 159.

starke Wurzeln, dagegen ersetzt die Zahl, was solchen an Stärke abgeht. Bei Pandanus odoratissimus und bei Dracaena Draco, wo Wurzeln von der Stärke eines Zolles und darüber aus der Rinde des Stammes hervorbrechen, verdicken sich dieselben noch eine Zeit lang in der Weise wie der Stamm und zeigen in diesem Falle auch anatomisch dieselben Verhältnisse, schwächere Seitenwurzeln dagegen, welche in der Erde hervorbrechen, entwickeln sich von Anfang nach dem monocotyledonen Typus der Wurzel. Die dicotyledone Wurzel dagegen nimmt wie der Stamm alljährlich in Umfang zu.

Fig. 155.



Die Art der Bewurzelung ist überhaupt bei den Monocotyledonen durchaus anders als bei den Dicotyledonen, denn selbige haben niemals eine Pfahlwurzel, sie keimen vielmehr entweder mit einer (Phönix, Chamaedorea (Fig. 155) Lolium speciosum) oder mit mehreren (Triticum fastuosum) (Fig. 85. p. 6) Nebenwurzeln, welche im Gewebe der Keimachse entstehen. Aus dieser Region, welche als Basis des nachherigen Stammes verbleibt, entwickeln sich auch späterhin reichlich neue Nebenwurzeln. Der Stamm aller aus einem Keim enstandenen monocotyledonen Pflanzen erscheint deshalb nach unten abgestutzt und zahlreiche Nebenwurzeln, welche aus dieser Region nach einander hervorbrechen, befestigen ihn im Erdreich und bringen ihm gleichzeitig Bodennahrung. Allein für die mit einem hohen schlanken Stamm versehenen Palmenarten würden zur

Fig. 155. Der runde Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25mal vergröfsert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat. *a* Der Vegetationspunkt der Stammknospe, *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt, *al* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen, *em* der Keim.

Befestigung im Boden selbst die sehr reichlich vorhandenen Nebenwurzeln nicht genügen, wenn nicht die Basis des Stammes bei der Keimung, durch die Verlängerung des Keimlappens nach abwärts, mehr oder weniger, ja bis 3 Fuſs tief, in das Erdreich hinabgeführt würde (Phönix (Fig. 156), Lodoicea, Attalea)[1]). Die jetzt erst im ganzen

Fig. 156.

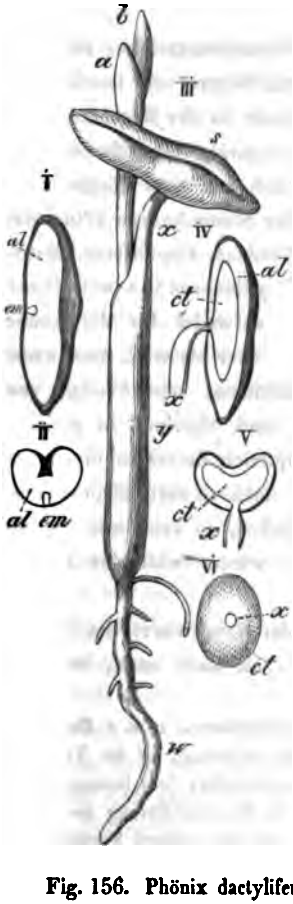


Fig. 157.

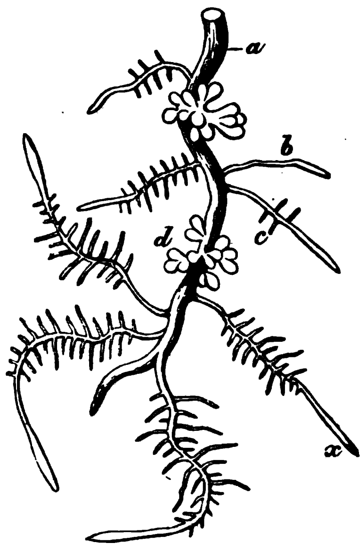


Fig. 156. Phönix dactylifera. I u. II Der Same vor der Keimung im Längs- und Querschnitt, *em* der Embryo, *al* das Sameneiweiſs. III Die keimende Pflanze, *s* der Same, *x* die Verlängerung des Samenlappens, *y* der scheidenförmige, stengelumfassende Theil des letzteren; *a* und *b* die ersten Blätter der

[1]) Eine solche Verlängerung des Samenlappens ist vielen Monocotyledonen eigen (Amaryllis, Gladiolus), nicht selten wird dadurch der Same über den Boden gehoben.

Umkreis der Stammbasis reichlich hervorbrechenden Nebenwurzeln geben selbst der höchsten Palme einen festen Halt. Die Gattung Iriartea dagegen, ebenfalls mit hohem Stamm, wird wie der Pandanus noch durch starke über der Erde hervorbrechende Wurzeln gestützt. Iriartea keimt nach KARSTEN[1]) wie die niedrige Chamaerops, ohne jene Verlängerung des Samenlappens, ihr Stammende wird nicht, wie bei Phönix, in den Boden versenkt.

Durch das frühe Unthätigwerden des Verdickungsringes ist auch die seitliche Zweigbildung der monocotyledonen Wurzel sehr beschränkt, denn mit dem Aufhören der Verdickung erlischt in der Regel zugleich die Bildung neuer Seitenwurzeln am Verdickungsring der Nebenwurzel.

Die Dicotyledonen keimen wohl sämmtlich mit einer Pfahlwurzel, welche in allen mir bekannten Fällen vor der Stammknospe (Plumula) aus dem Samen hervorbricht (Coniferae, Cycadeae, Cupuliferae, Betulineae, Juglandeae, Cacteae, Euphorbiaceae, Papilionaeae u. s. w.). Diese Pfahlwurzel oder Hauptwurzel bleibt nun entweder für die ganze Dauer der Pflanze (Daucus Carota und Beta), oder sie wird, und zwar bei perennirenden Gewächsen, z. B. den Bäumen, sehr häufig, von Seitenwurzeln, welche aus ihr entsprungen sind, überholt, in gleicher Weise wie die Aeste vieler Bäume den Haupttrieb desselben überholen (Fig. 157). Da nun eine jede ursprünglich noch so zarte dicotyledone Wurzel fähig ist, sich fortdauernd zu verdicken, so kann aus ihr allmälig ein starker Wurzelast, der seinerseits wieder zahlreiche Zweige abgiebt, werden.

Die Bildung secundärer Wurzeln aus der Hauptwurzel ist bei den Dicotyledonen überhaupt nicht beschränkt, sie kann auch, weil die

Keimpflanze, *w* die scheinbare Pfahlwurzel der Keimpflanze. IV u. V Der Same im Längs- und Querschnitt aus diesem Stadio der Keimung, *ct* der Theil des Samenlappens, welcher die Aufsaugung des Sameneiweifses (*al*) besorgt, *x* der stielartig hervortretende Theil des Samenlappens. VI Der schildförmig gewordene im Samen verbleibende Theil des Samenlappens (*ct*) der vorigen Figuren freigelegt, *x* die Basis des stielförmigen Theiles von oben gesehen.

Fig. 157. Die Pfahlwurzel einer zweijährigen Erle (Alnus glutinosa). *a* Die Pfahlwurzel, deren Ende bereits abgestorben ist, *b* Seitenwurzeln oder Wurzeln zweiter Ordnung, *c* Wurzeln dritter Ordnung, *d* eigenthümlich angeschwollene Wurzelzweige, welche schon an der wenige Monate alten Keimpflanze der Erle vorkommen und auch vielen Leguminosen eigen sind, *x* die Wurzelspitze mit ihrer Haube.

[1]) H. KARSTEN, die Vegetationsorgane der Palmen. Taf. I.

Wurzel im älteren Zustande, gleich dem Stamm, einen geschlossenen Gefäfsbündelring besitzt, im ganzen Umkreis desselben erfolgen; anfänglich ist sie jedoch, wie überall auf diejenigen Orte am Verdickungsring beschränkt, wo Gefäfsbündel liegen; deshalb bringt die keimende Wallnufs an ihrer Pfahlwurzel den 4 oder 6 Gefäfsbündeln, welche senkrecht abwärtsgehen, entsprechend, 4 oder 6 Längsreihen von Seitenwurzeln hervor, und aus demselben Grunde sind die mit 2 parallelen abwärtssteigenden Gefäfsbündeln versehenen zarten Seitenwurzeln der Tanne (Abies pectinata) nur nach 2 Seiten hin, kammartig, verzweigt. Selbst bei Equisetum hiemale, dessen Wurzel ein centrales Gefäfsbündel besitzt, ist das Entstehen der Seitenwurzeln durch die Stellung der Gefäfse im Bündel aufs Bestimmteste geregelt. (Siehe weiter oben.) Bei Beta vulgaris, deren Hauptwurzel ursprünglich nur zwei Gefäfsbündel bildet, erfolgt indirect die Bildung neuer Seitenwurzeln von diesen beiden im Innern gelegenen Bündeln aus; daher die zweizeilige Stellung der Nebenwurzeln, deren Längsreihen bei der Keimpflanze unter den beiden Samenlappen auftreten. Sobald aber im Allgemeinen eine Wurzel älter geworden ist und einen geschlossenen Holzring gebildet hat, kann sie sich ohne Regel an allen Orten ihres Umkreises verzweigen.

Die ganz zarten, fadenförmigen Wurzeln einer Pflanze hat man Zaserwurzeln genannt. Sie sind im Bau von den stärkeren Wurzeln nicht verschieden, denn beide endigen mit einem bedeckten Vegetationskegel und aus beiden kann bei dicotyledonen Gewächsen unter Umständen der stärkste Wurzelast hervorgehen. In vielen Fällen sterben aber diese zarten Zaserwurzeln, welche oftmals gleich einem Pilzgeflecht den Boden durchkriechen, frühzeitig ab, während an anderen Orten neue hervorbrechen, wie dies bei der Mehrzahl unserer Bäume und namentlich bei der Kiefer (Pinus silvestris) der Fall ist.

Der Bau und die Lebensweise der Wurzel macht es der Pflanze möglich, sich ihre Nahrung zu suchen, denn nach dem Vorhandensein derselben, richtet sich auch die weitere Fortbildung der Wurzel; wo nämlich eine ursprünglich schwache Wurzel reichlich Nahrung findet, da wächst sie weiter und sendet zugleich viele Seitenwurzeln aus, wo sie dagegen nicht oder nur spärlich ernährt wird, da stirbt sie ab. Deshalb kriecht die Wurzel häufig in die Ritzen der Gesteine, sich dort von den Verwitterungs- und Verwesungsproducten nährend, und deshalb findet man, der Oertlichkeit entsprechend, oftmals die eine Seite einer Pflanze mehr als die andere bewurzelt.

Beim Keimen des dicotyledonen Samens geht die zuerst hervortretende Wurzel immer nach abwärts. Versuche von Knight[1]), Pinot, Mulder und Durand, welche in neuester Zeit von Wigand[2]) wiederholt und weiter ausgedehnt wurden, haben nun gezeigt, daſs dieses Streben der Wurzel keimender Pflanzen nach abwärts unveränderlich ist, denn selbst auf Quecksilber schwimmende Samen senkten ihre Wurzeln mehrere Linien tief in das flüssige Metall, andere aber, auf geöltem Papier liegend und mit durch Wasser getränktem Papier bedeckt, schickten ihre Wurzeln abwärts durch das Oelpapier. Auf Wasser schwimmende Samen sandten in einem, oben bis zum Wasserspiegel, mit schwarzem Papier beklebten Glase ihre Wurzel in das erhellte Wasser hinab. Endlich aber wurde auch der Knight'sche Versuch der Keimung auf einer schnell rotirenden Scheibe wiederholt, wo, bei wagerecht rotirender Ebene, proportional der Länge des Radius, also proportional der vermehrten Geschwindigkeit, auch die Abweichung der Wurzel von der senkrechten Richtung zunahm, so daſs dieselbe am Rande der Scheibe eine fast wagerechte, mit der Spitze vom Centrum abgewendete, Stellung einnahm. Man hat danach ziemlich allgemein dies Streben der Wurzel keimender Samen nach abwärts dem Einfluſs der Schwerkraft zugeschrieben[3]), und wirklich läſst sich nichts dagegen sagen, wenn sich nur einsehen lieſse, warum die letztere nicht auf alle Wurzeln ohne Ausnahme in gleicher Weise ihren Einfluſs übe. Nun entsendet aber dieselbe Pflanze, deren Pfahlwurzel senkrecht abwärts steigt, aus dieser Pfahlwurzel Seitenwurzeln, welche wagerecht streichen (sehr ausgezeichnet bei Euphorbia canariensis und bei Opuntia Ficus indica, aber auſserdem bei der Mehrzahl der Gewächse), ja bei Zamia spiralis entstehen gar an der Pfahlwurzel der Keimpflanze Nebenwurzeln, welche unter allen Umständen gerade aufwärts wachsen und als Luftwurzeln über die Erde treten (Fig. 158 *h*). Wir stehen hier vor demselben Räthsel, dem wir bei der Richtung der Zweige begegnen, wo die secundären Achsen oftmals wagerecht (Abies pectinata, Araucaria brasiliensis) oder gar nach abwärts (Hängeesche) gehen, während die primäre Achse aufwärts steigt. Ich glaube

---

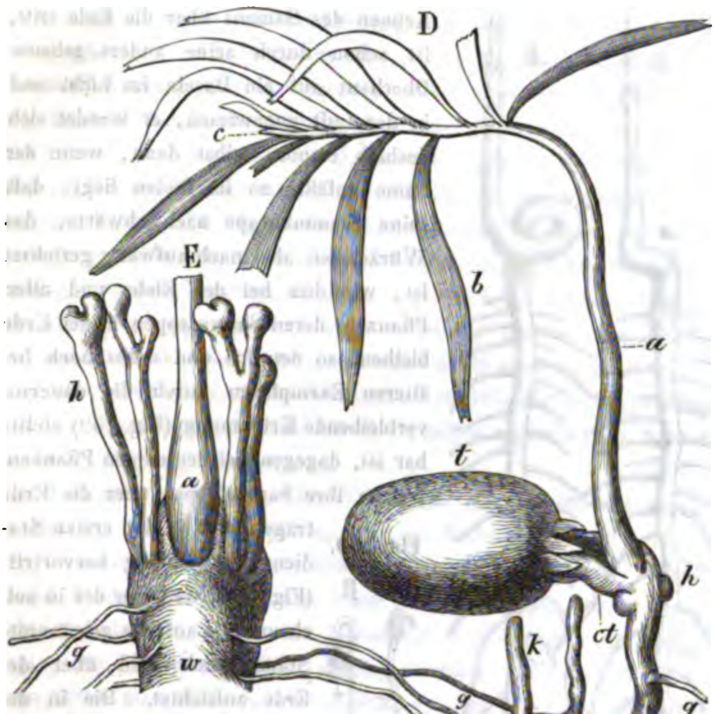
1) Philosoph. Transactions 1806. Tom. 1. p. 99—108, übersetzt in Treviranus Beiträgen zur Pflanzen-Physiologie. 1811.

2) Wigand, über das Richtungsgesetz der Pflanzen beim Keimen. Botanische Untersuchungen, Braunschweig 1854.

3) H. v. Mohl, vegetabilische Zelle. p. 138.

nun, dafs wir doch zunächst im Bau des Stammes und der Wurzel selbst den Gegensatz in der Richtung beider zu suchen haben. Die

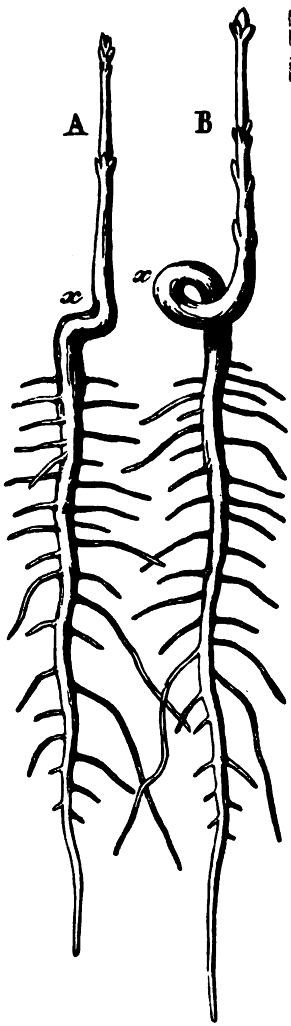
Fig. 158.



Oberhaut der Wurzeln, welche im Boden oder im Wasser wachsen, hat nämlich niemals Spaltöffnungen, ihre Haare oder Oberhautzellen bilden niemals Cuticularschichten, nur eine äufserst zarte Cuticula bedeckt dieselben. An der Luft vertrocknet deshalb die für die Aufnahme tropfbar flüssiger Stoffe ge-

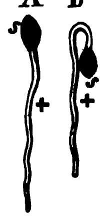
Fig. 158. Keimpflanze von Zamia spiralis. *D* 6 Monate alt, *t* der Same mit der holzigen Umhüllung des inneren Theiles seiner Samenschale, deren äufserer saftiger Theil bereits verloren gegangen ist, *ct* der freie Theil der mit einander verwachsenen Samenlappen, *a* der Stiel des ersten Wedels, *b* dessen Fiederblätter, *c* das Ende des Wedelstiels, *h* die Anlage zu den später nach oben wachsenden Luftwurzeln, *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel *w*. *E* Partie derselben Keimpflanze, ein Jahr später, *a* der Wedelstiel, *h* die aufwärts

Fig. 159.



schickte Wurzel in sehr kurzer Zeit; sie ist darum nicht fähig in der Luft zu leben. Der Stamm dagegen, welcher beim Keimen des Samens über die Erde tritt, ist schon durch seine anders gebaute Oberhaut auf ein Dasein im Licht und in der Luft angewiesen, er wendet sich deshalb empor, selbst dann, wenn der Same zufällig so im Boden liegt, daſs seine Stammknospe nach abwärts, das Würzelchen aber nach aufwärts gerichtet ist, wie dies bei der Eiche und allen Pflanzen, deren Samenlappen in der Erde bleiben, so deutlich und selbst noch bei älteren Exemplaren durch die dauernd verbleibende Krümmung (Fig. 159) sichtbar ist, dagegen bei denjenigen Pflanzen, welche ihre Samenlappen über die Erde

Fig. 160.



tragen, nur in den ersten Stadien der Keimung hervortritt (Fig. 160), weil hier der in solchem Falle anfangs gekrümmte Stamm sich bald über der Erde aufrichtet. Die in der Luft ausschlieſslich wachsenden Wurzeln, z. B. die Luftwurzeln der tropischen Orchideen und vieler Aroideen sind wieder für das Medium, in dem sie leben sollen, geschickt, ihre eigenthümlich gebaute Auſsenrinde als Wurzelhülle (Velamen radicum)

wachsenden Luftwurzeln, *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel (*w*), welche zum Theil wieder einen nach oben wachsenden Theil (*k*) entsenden, während ein anderer *l* nach abwärts steigt.

Fig. 159. Zweijährige Keimpflanzen der Eiche. Bei *A* lag die Achse des Embryo bei der Keimung wagerecht, bei *B* war das Stammende nach unten, das Wurzelende des Embryo nach oben gerichtet, *x* die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

bekannt, schützt sie vor der Verdunstung; ebenso treiben einige Cacteen (Cereus alatus) aus den Zweigen lange Wurzeln, welche, soweit sie in der Luft verlaufen, mit einer dichten Peridermahülle bekleidet sind, sobald sie aber den Boden erreichen, eine zarte Oberhaut annehmen und zahllose Wurzelhaare entsenden. Alle in der Erde kriechenden Stammtheile aber sind bei derselben Pflanze anders gebaut, als die für die Luft bestimmten Zweige (Solanum tuberosum). Ist nun aber der Stamm der dicotyledonen Keimpflanze schon durch seinen Bau auf ein Dasein im Licht und in der Luft angewiesen, so kann es kaum befremden, dafs die Pfahlwurzel, deren Anlage im Keim der Stammknospe gegenüber liegt, bei ihrem Hervortreten auch eine dem Stamm entgegengesetzte Richtung annimmt und deshalb abwärts steigt. — Bei dem Versuche mit der schnell rotirenden Scheibe aber ist wohl zu bedenken, dafs bei keimenden Samen die Wurzel immer viel früher als der Stamm hervortritt; kämen Stamm und Wurzel zugleich und besäfsen dieselben gleiche Gröfse und gleiches Gewicht, so wäre der Versuch allerdings entscheidend.

Uebrigens geht sogar die Pfahlwurzel selbst beim Keimen nicht in allen Fällen nach abwärts, wie der Mistelsame beweist, der an der Unterseite eines Zweiges klebt; hier dringt die Wurzel aufwärts in die Rinde, weil sie abwärts keine Nahrung findet, aber umgekehrt geht sie abwärts, sobald der Same auf der Oberseite des Zweiges liegt. Die Wurzel der Mistel scheint überdies das Licht zu fliehen, denn wenn man ihren Samen im Mai und Juni an beide Seiten der Fensterscheibe eines mäfsig hellen Zimmers klebt, dessen Temperatur der äufseren Luftwärme nahebei gleich ist, so wendet sich das hervortretende Wurzelende des Keimes in beiden Fällen dem Zimmer zu, also vom Lichte hinweg.

Die Wurzel nach ihrer Function für die Pflanze.

§. 55. Nach dem Medium, in dem sie leben, kann man dreierlei Arten der Wurzel unterscheiden:

1. Wurzeln für die Erde, 2. Wurzeln für das Wasser und 3. Wurzeln für die Luft bestimmt.

Fig. 160. Keimender Same von Picea vulgaris. *A* Bei richtiger Lage des Samens (*s*). *B* Dagegen bei verkehrter Lage des Samens, so dafs eine Umdrehung der Wurzel, welche anfänglich oben hervortrat, erfolgen mufste. + Die Grenze zwischeh Stamm und Wurzel.

Häufig hat dasselbe Gewächs Wurzeln zweierlei Art, nämlich die Landpflanze Wurzeln für die Erde und andere für die Luft (Calladium, viele rankende Orchideen, einige tropische Farrnkräuter u. s. w.), manche Wasserpflanze hat Wurzeln für das Wasser und andere für den Boden bestimmt (Hydrocharis, Stratiotes). Die beiden zuletzt genannten Wurzelarten scheinen in ihrem Bau nicht wesentlich verschieden zu sein, dagegen ist die absorbirende Oberfläche der Luftwurzel, ihrer Function entsprechend, etwas anders gebaut.

Ursprünglich ist wohl jede Wurzel walzen- oder kegelförmig, später aber ändert sich nicht selten die Gestalt nach der Weise ihrer Verlängerung und Verdickung; für die verschiedenen Formen, welche auf diese Weise entstehen, hat man besondere Namen gebildet. Wenn nämlich das Längswachsthum einer Pfahlwurzel plötzlich abbricht, während das Dickenwachsthum fortdauert, so dafs ihr Ende nicht spitz auslaufend, sondern plötzlich abgestutzt erscheint, so nennt man dieselbe abgebissen (Radix praemorsa). Wächst die Pfahlwurzel dagegen an ihrem Ende fort, während sie sich in ihren älteren und jüngeren Theilen proportional verdickt, so entsteht diejenige Gestalt, welche man als rübenförmig (napiformis) bezeichnet (bei Daucus Carota). Schwillt eine Wurzel, gleichgiltig welcher Art, knollenartig an, so nennt man sie Radix tuberosa (bei Dahlia und bei Convolvulus Batatas). Wird endlich die Pfahlwurzel von vielen aus ihr gebildeten Seitenwurzeln frühzeitig überholt, oder sind, beim Mangel einer Pfahlwurzel, zahlreiche Nebenwurzeln vorhanden, so spricht man von einer faserigen Wurzel (Radix fibrosa); eine solche ist den Monocotyledonen mehr oder weniger und der Mehrzahl der perennirenden Pflanzen eigen. Aufserdem kann man noch verschiedene andere Formen der Wurzel unterscheiden, dieselbe kann sogar, wenngleich selten, eine flächenartige Gestalt annehmen, wie dies bei den Luftwurzeln einiger Cactus-Arten bisweilen geschieht. — Ueber die Knollen der Orchideen, welche einer Wurzel entsprechen, die nach der anderen Seite mit einer Stammknospe endigt, habe ich schon beim Stamme (p. 23) geredet.

Für die Nebenwurzeln, welche am Stamm entstehen, hat man auch den Ort, an dem sie hervortreten, zu beachten. Entweder ist derselbe für eine gegebene Pflanze bestimmt oder nicht bestimmt. So treibt der unterirdische Theil des Kartoffelstengels seine Wurzeln aus den Achseln der Seitenzweige, desgleichen entspringen dieselben am unterirdischen Ausläufer von Vaccinium Myrtillus und am Rhizom von

Dentaria bulbifera und Adoxa moschatelina aus der Achsel der Blattschuppen. Am jungen Zweige von Ficus stipulata entstehen wieder zahlreiche Nebenwurzeln am Ende jedes Stengelgliedes, jedoch nur dann, wenn er längs einer Mauer kriecht und zwar nur an der derselben zugewendeten Seite. Bei vielen Gräsern und Aroideen treten die Nebenwurzeln an den Knoten des Stengels und zwar oberhalb der Blätter hervor (Saccharum, Colocasia), bei Cicuta virosa entstehen sie gleichfalls am Stengelknoten, aber unterhalb der Blattbasis; an den eine Knolle tragenden Orchideen (Orchis, Ophrys, Himantoglossum, Habenaria, Gymnadenia) erscheinen sie am Schaft oberhalb der Knolle, am Rhizom von Goodyera repens macht jeder Seitentrieb, bevor er sich erhebt, um Blätter auszubilden, eine einzige rübenförmige Nebenwurzel; bei der ächten Zwiebel brechen die Wurzeln aus der Basis hervor, u. s. w. Bei den meisten Gewächsen dagegen erscheinen die Wurzeln ohne bestimmte Ordnung und zwar an Orten, wo sie Nahrung finden, so treibt der Steckling der Weide und der Pappel, überhaupt derjenigen Gewächse, welche sich durch Ableger vermehren lassen, nur innerhalb der Erde Nebenwurzeln, ebenso schickt die Cuscuta nur nach der Seite des Zweiges, den sie umrankt, Saugwurzeln aus. Es scheint demnach, als ob ein Reiz von aufsen her die erste Veranlassung zum Entstehen der Nebenwurzeln geben müfste und als ob die Feuchtigkeit und der Mangel des Lichtes deren Bildung begünstige. So entwickelt die Kartoffelknolle im Dunkeln bei trockner Luft zwar lange Triebe, Wurzeln aber treibt sie erst in feuchter Atmosphäre und zwar am reichlichsten im Erdreich selbst. Alle auf die Ernährung durch Luftwurzeln angewiesene Gewächse gedeihen ebenfalls nur an sehr feuchten, warmen und zugleich schattigen Orten, sie sind deshalb mehr oder weniger nur den Tropen eigen. In dunklen, feuchten Waldschluchten Madeira's und Tenerife's bedeckt sich der alte Stamm des Laurus canariensis mit höchst eigenthümlichen, vielfach verzweigten, fleischigen, hellbraun gefärbten, Luftwurzeln, welche bisher für Schmarotzerpilze dieses Baumes gehalten wurden. Dieselben brechen nach dem ersten Herbstregen aus der Rinde hervor, erreichen die Gröfse mehrerer Zolle, vertrocknen darauf im Sommer und fallen ab, um im Herbst durch neue Luftwurzeln ersetzt zu werden. Sie besitzen einen Gefäfsbündelring, der ein weites Mark umschliefst, und führen gleich dem Gewebe der Rinde des Stammes im Mark und Rindenparenchym neben Stärkmehl ein stark riechendes Oel.

Den Portugiesen sind diese Luftwurzeln als Madre de louro bekannt. Bei freistehenden Bäumen findet man dieselben nicht.

Das Vermögen Nebenwurzeln aus dem Stamme zu bilden ist überdies nach den Gewächsen dem Grade nach verschieden. Bei einigen mangelt es fast gänzlich, während es bei anderen im reichen Maſse vorhanden ist; so bilden die Nadelhölzer nur sehr schwierig Nebenwurzeln am Stamm, sie lassen sich deshalb nicht wie viele Laubhölzer durch Stecklinge vermehren.

Nicht alle Pflanzen, welche einen Stamm besitzen, haben deshalb auch Wurzeln. Sämmtlichen Laub- und Lebermoosen fehlen dieselben; zahlreiche, bisweilen verzweigte (Mastigobryum trilobatum), Wurzelhaare, welche der Stamm entsendet, sorgen hier für die Bodennahrung; dem Haplomitrium Hookeri fehlen sogar auch die Wurzelhaare. Manche mit einem Rhizom versehene Gewächse entbehren gleichfalls der Wurzel; so Epipogum und Corallorrhiza, wo zwar das hintere, nicht fortwachsende Ende des Wurzelstockes einer Wurzelknospe entspricht, aber niemals zur Ausbildung kommt. Auch das Rhizom der Lathraea hat nur sparsam Wurzeln, welche als zarte Fäden aus der Achsel der Schuppenblätter hervortreten. Bei Rafflesia und Brugmansia scheint ebenfalls die wahre Wurzel sehr unentwickelt zu sein. Bei anderen Schmarotzern ist sie dagegen entschieden vorhanden.

Bei Viscum album und bei Arceuthobium Oxycedri wächst die Wurzel im Gewebe der Rinde des Zweiges, auf dem sie nistet, sie verzweigt sich in der Rinde mannichfach und bildet häufig Stammknospen, welche als junge Parasiten aus ihr hervorbrechen. Die Wurzel der Mistel, die in der Rinde verläuft, wächst als wahre Wurzel an ihrer Spitze, sie ist überdies mit einer Wurzelhaube versehen, dagegen besitzt sie ein centrales Gefäſsbündel, das von einer Rinde umgeben ist, sie schickt auſserdem nach der Seite des Holzringes Zweige aus, welche den Ort einnehmen, der für einen Markstrahl des Holzringes bestimmt war. Diese Zweige des centralen Gefäſsbündels der Mistelwurzel können nun nicht wohl als ächte Seitenwurzeln gelten, denn sie verlängern sich nicht an ihrer Spitze, wachsen vielmehr gleich dem Holz, in dem sie eingekeilt erscheinen, durch den Cambiumring der Nährpflanze, ihre Spitze ist der älteste, ihre Basis der jüngste Theil. Ich habe sie Senker genannt[1]). Im Stamm einer alten Tanne

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. p. 175.

sah ich diese Senker der Mistel mehr als 70 Jahresringe durchsetzen. Während die Spitze derselben vielfach längst abgestorben war, hatte sich der Senker, einem Markstrahl gleich, durch den Cambiumring der Tanne noch alljährlich verlängert. Dem ähnlich verhält sich die normal gebaute Saugwurzel von Cuscuta, welche als ächte Wurzel aus ihrer Rinde hervorbricht und in die Rinde derjenigen Pflanze, die sie umrankt, eindringt, dann aber, sobald sie den Cambiumring derselben erreicht hat, ein anderes Wachsthum annimmt, und nunmehr gleich dem Senker der Mistel durch denselben mit dem Holzring ihres Opfers fortwächst und so scheinbar immer tiefer in denselben eindringt, in Wahrheit aber ihre Entfernung vom Mark der Nährpflanze nicht verändert. Die Zahl der Jahresringe, welche der Senker durchsetzt, bestimmt deshalb das Alter desselben. Durch einen derartigen Senker sind auch Rafflesia (Fig. 161) und Brugmannsia in den Holzring ihrer Nährpflanze (Cyssus verrucosa und andere Cyssus-Arten) eingekeilt. Der Senker ist wahrscheinlich auch hier wie bei der Mistel und bei Cuscuta aus einer Wurzel entstanden, welche Frage jedoch erst die Keimungs-

Fig. 160.

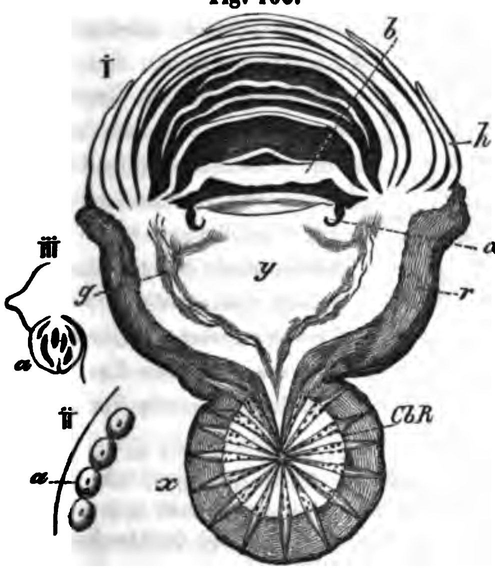
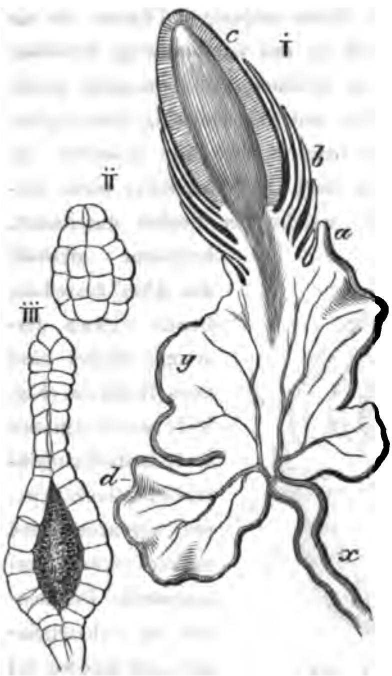


Fig. 161. Rafflesia Patma. I Querschnitt durch eine noch ziemlich junge männliche Knospe, im Zusammenhang mit ihrer Nährpflanze (*x*) (Cyssus verrucosa); der Senker des Schmarotzers geht keilartig fast bis zum Mark der Nährpflanze und die Rinde der letzteren (*r*) bekleidet ihn bis zu den Hüllblättern seiner Blüthe (*h*), deren Blumenblätter (*b*) noch fest zusammengeneigt sind, *a* die Antheren, welche als hängende Säckchen, etwas ins Gewebe eingesenkt, unter dem Rande der scheibenförmig endigenden Blüthenaxe stehen, *g* die Gefäfsbündel der Rafflesia. II 4 Antheren (*a*) aus einer weiter entwickelten Knospe von oben gesehen. III Eine derartige Anthere im Längsschnitt. (Vergl. Bd. 1. p. 305.)

Geschichte, die zur Zeit für beide Pflanzen fehlt, entscheiden kann [1]). Manche Schmarotzer haben zweierlei Wurzeln, nämlich solche, die der Nährpflanze Säfte entziehen und andere, welche aus der Erde Nahrung entnehmen (Orobanche, Melampyrum). Bei allen ächten phanerogamen Schmarotzern ist die Wurzel mit dem saftführenden Gewebe der Nährpflanze organisch verbunden, er empfängt durch die Gefäfsbündel direct den Nahrungssaft derselben und gleicht so dem Pfropfreis auf dem Stamm eines Wildlings. Bei Balanophora und Langsdorfia, deren Keimungs-Geschichte leider unbekannt ist, wächst umgekehrt die Wurzel der Nährpflanze im Gewebe des Schmarotzers fort und verzweigt sich in demselben (Fig. 162).

Fig. 161.



Wie der Stamm am Verdickungsring Wurzelknospen und aus ihnen Nebenwurzeln bildet, so kann umgekehrt auch die Wurzel an ihrem Verdickungsring Stammknospen und aus denselben Zweige entwickeln, Duhamel's Versuch mit

Fig. 162. Balanophora globosa. I Eine weibliche Pflanze im Längsschnitt, *x* die Wurzel der Nährpflanze, welche sich vielfach verzweigend mit dem Körper, der Axe, des Schmarotzers (*y*) fortwächst, aber niemals in den Blüthenschaft des letzteren eindringt, *a* die vom Blüthenstand (*c*) durchbrochene Rinde des Schmarotzers, *b* die Hüllblätter des Blüthenstandes. II und III die Anfänge des weiblichen Geschlechtsorgans, dessen Entwickelungsgeschichte dem Pistill der Laub- und Lebermoose entspricht (III) und wie dieses ursprünglich an seiner Spitze geschlossen ist und das als Knospenkern ohne Integumente und ohne Fruchtknoten gedeutet werden mufs. (II und III 200 mal vergröfsert.)

[1]) Chatin hat das Einwachsen der Saugwurzeln in die Nährpflanze bei Cuscuta, den Orobancheen und Rhinanthaceen beobachtet und abgebildet. (Anatomie comparée des végétaux. Heft 3—7.) Ich selbst besitze sehr ausführliche Untersuchungen sowohl für Cuscuta, als auch für Orobanche, Melampyrum, Viscum, Rafflesia und Balanophora, die ich bis jetzt nicht Gelegenheit fand zu veröffentlichen.

der Umkehrung eines jungen Baumes gründet sich hierauf; die in die Erde gesenkten Zweige trieben Wurzeln, und an den nunmehr in der Luft lebenden Wurzeln entstanden Stammknospen, welche beblätterte Zweige bildeten. Was vormals Wurzel war, nimmt so den Charakter des Zweiges an und umgekehrt; aber niemals kann ein von einer Wurzelhaube bedeckter Vegetationskegel selbst zum Zweige und ebensowenig ein freier Vegetationskegel selbst zur Wurzel werden. — Nicht alle Gewächse sind in gleichem Mafse zur Bildung von Stammknospen aus der Wurzel fähig, während z. B. die Espe (Populus tremula) und einige Ilex-Arten gleich dem stärksten Unkraut wuchern und kaum zu vertilgen sind, weil überall aus ihrer Wurzel neue Pflanzen entsprossen, machen die Nadelhölzer keinen Wurzelausschlag, denn bei ihnen ist sowohl die Bildung der Wurzelknospen am Stamm, als gleichfalls auch die Entstehung der Stammknospen an der Wurzel sehr beschränkt. Die Nadelhölzer lassen sich deshalb nur aus Samen erziehen, eine Vermehrung durch Stock- und Wurzelausschlag ist bei ihnen nicht wohl möglich, sie taugen darum nicht zum Niederwald, der in der Regel auf solche Weise gezogen wird. Pinus canariensis und die amerikanischen Pinus-Arten möchten hier jedoch eine Ausnahme machen.

Am Cambiumring der Wurzel von Monotropa Hippopitys entsteht sogar die Stammknospe, aus welcher der Blüthensaft hervorgeht; dagegen ist mir kein Fall bekannt, dafs eine Knospe an der Wurzel entstanden, unmittelbar zur Blüthenknospe geworden wäre.

Neben der allgemein verbreiteten Verzweigung durch Bildung von Seitenwurzeln am Verdickungsring einer älteren Wurzel kommt, jedoch zur Zeit nur noch für bestimmte Pflanzen bekannt, auch eine Verzweigung der Wurzel durch Theilung des Vegetationskegels derselben vor. Unter der Wurzelhaube theilt sich derselbe nämlich in zwei oder mehrere Portionen, welche darauf ihrerseits wieder jede für sich ihre eigene Wurzelhaube bilden und als ebensoviel neue Wurzelzweige weiter wachsen. Diese Erscheinung zeigt sich bei den auf dem Boden kriechenden, eigenthümlich geformten, Luftwurzeln der Cycadeen, welche schon bei der Keimung des Samens entstehen und sofort nach aufwärts wachsen, während die Pfahlwurzel abwärts geht; ferner bei ähnlichen Auswüchsen an den Wurzeln der Erle[1]), desgleichen für das

[1]) Meine Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Wurzel. Flora 1853.

getheilte Wurzelende der Knollen von Orchis maculata, O. latifolia und Habenaria viridis; ich habe sie endlich noch auf Madeira an den Luftwurzeln des Laurus canariensis und bei Selaginella beobachtet. Die Theilung der Wurzelspitze erinnert an die gleichfalls nicht häufige Theilung des Vegetationskegels der Stammknospe, die wir am Rhizom von Epipogum und Corallorhiza, desgleichen am Stamme von Selaginella u. s. w. kennen gelernt haben (p. 28).

Die Wurzel ist für die meisten Gewächse Haft- und Ernährungs-Organ zugleich, alle Landpflanzen halten sich durch sie in der Erde; für die freischwimmenden Wasserpflanzen ist sie dagegen Ernährungsorgan allein (Lemna), dasselbe gilt für die Luftwurzeln. Die Fortbildungsweise der Hauptwurzel, sowie der von ihr ausgehenden secundären Wurzeln, ist nun nach den Pflanzen sehr verschieden; dieselben dringen entweder tief in den Boden oder sie verlaufen mehr an der Oberfläche. Die Hauptwurzel bildet entweder reichlich starke Aeste, welche ihrerseits wieder viel zarte Seitenwurzeln ausschicken (bei der Mehrzahl der Dicotyledonen), oder es erscheinen statt einer Pfahlwurzel nach einander viele Nebenwurzeln, deren Bildung an der in der Erde befindlichen Basis des Stammes fortdauert und welche bei schwächerer Beschaffenheit und geringerer Verzweigung durch ihre Menge die Pfahlwurzel und deren Seitenäste ersetzen (bei den Monocotyledonen). Pflanzen, welche tief wurzeln, stehen in der Regel sehr fest; wir sehen dies an der Tanne (Abies pectinata), Kiefer (Pinus silvestris), Eiche und Buche; Bäume mit flacher Wurzelausbreitung werden dagegen vom Sturme leicht geworfen; die Fichte (Picea vulgaris) leidet deshalb sehr vom Windbruch und wird oft reihenweise von ihm gefällt, wobei der Grund, in dem sie wurzelt, als »Käse« mit emporgerissen wird; für die Tanne ist dagegen an denselben Orten der Windbruch beinahe unbekannt. Die hohe Pyramiden-Pappel, welche mit der Fichte gleiches Schicksal theilt, wird darum für die Damm- und Wasserbauten sehr gefährlich, dagegen gewährt bekanntlich ein Flechtwerk lebender Weiden durch seine üppige Wurzelbildung den besten Schutz für Uferbauten. Wie tief die Hauptwurzeln eines Baumes in den Boden einzudringen vermögen, ist wohl noch wenig beachtet worden und überdies sicher nach der Oertlichkeit und nach der Beschaffenheit des Grundes sogar für dieselbe Pflanzenart verschieden. (Die starken Hauptwurzeln der Fiehte gehen selten tiefer als 3 — 4 Fuſs, während sie bei der Tanne oft über 10 Fuſs hinabsteigen.)

Pflanzen, welche tief wurzeln, verlangen zunächst einen für sie geeigneten Untergrund, Gewächse dagegen, deren Wurzeln flach verlaufen, sind mehr auf einen ihrem Gedeihen angemessenen Obergrund angewiesen. Nicht selten gewahrt man, dafs ein junger Baum in seinen ersten Lebensjahren kränkelt, später aber vortrefflich gedeiht oder umgekehrt. Beides findet nun häufig in der Art seiner Wurzelbildung und in der Beschaffenheit des Bodens, auf dem er wächst, seine Erklärung. Die Beschaffenheit des Untergrundes ist in allen Fällen, da er mehr oder weniger auch die Güte der auf ihm liegenden Erdschicht bestimmt, sehr wichtig. Je nachdem derselbe nämlich das Wasser zurückhält (Thonboden) oder durchläfst (Sandboden) wird auch der Obergrund zur Ernährung der Wurzel mehr oder weniger tauglich sein. Ein poröser feuchter Boden begünstigt überdies die Verwitterung und Verwesung, in ihm entstehen alle diejenigen Verbindungen, welche die Wurzel gebraucht und die sie im gelösten Zustande aufnehmen kann, in ihm gedeihen deshalb auch die meisten Pflanzen vortrefflich, während auf dürrem Sande nur wenige Gewächse (Pinus silvestris, Elymus arenarius u. s. w.) fortkommen.

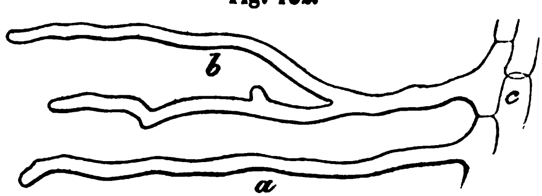
Die Wurzel einer Pflanze entzieht dem Boden bestimmte chemische Stoffe in gröfserer und wieder andere in geringerer Menge. Zwei Gewächse verschiedener Art, welche mit einander auf demselben Grunde oder noch besser in demselben Wasser wachsen, liefern darum noch keine in ihrer chemischen Zusammensetzung vollkommen gleiche Asche, wie Versuche von Schultz-Fleeth[1]) beweisen. Man mufs deshalb annehmen, dafs die chemische Beschaffenheit der absorbirenden Oberhaut nach den Pflanzen mehr oder weniger verschieden ist; zeigt sich doch schon in der Ausbildungsweise ihrer Zellen nach den Pflanzen eine grofse Verschiedenheit. Die Oberhaut der jugendlichen Wurzelspitze der Tanne treibt z. B. keine Wurzelhaare, welche bei der Kiefer und der Fichte, desgleichen bei der Eiche und der Buche reichlich vorhanden sind. Auch der Monotropa und den für die Erde bestimmten Wurzeln der Orobanche ramosa, desgleichen den im Wasser lebenden Wurzeln der Cicuta virosa und der Menianthes trifoliata fehlen die Wurzelhaare, eine epitheliumartige Oberhaut versieht hier deren Stelle[2]). Nun vermehren aber die Wurzelhaare die absorbirende Oberfläche um

[1]) Poggendorfs Annalen.
[2]) Haplomitrium Hookeri ist, soweit jetzt bekannt, das einzige Lebermoos ohne Wurzelhaare.

ein bedeutendes, man mufs deshalb annehmen, dafs genannte Pflanzen entweder weniger Bodennahrung bedürfen, oder dafs ihre haarlose Oberhaut in einem höheren Grade der Diffusion dienstbar ist, demnach in einer gegebenen Zeit mehr aufzusaugen vermöge. Ueberdies entsendet die Wurzel der Tanne zahllose kleine Seitenwurzeln, welche in der Regel frühe wieder absterben, während an anderen Orten fortdauernd neue entstehen. Die Menge der absorbirenden Würzelchen dürfte hier vielleicht den Mangel der Wurzelhaare ersetzen. Die Orobanche ramosa aber, die als Schmarotzer zum Theil von den Säften ihrer Nährpflanze (Cannabis) lebt und deren Wurzelvermögen überhaupt nur schwach ist, scheint wenig Bodennahrung zu bedürfen; Melampyrum silvaticum dagegen, Euphrasia vulgaris und Thesium intermedium, sämmtlich Schmarotzer, jedoch mit starker Wurzelentwickelung und, wie es scheint, mehr auf Bodennahrung als auf die Säfte der Nährpflanzen angewiesen, sind auch mit Wurzelhaaren reichlich versehen.

Die Wurzelhaare der Wurzelspitze sind bei allen von mir untersuchten höheren Pflanzen äufserst zart und hygroskopisch, aus der feuchten Erde oder aus dem Wasser gehoben, vertrocknen sie fast augenblicklich; man mufs deshalb die Wurzel aus der Erde sofort in Wasser bringen, um sie genau untersuchen zu können. Die Wurzelhaare führen als einfache Zellen ein sehr thätiges Leben, wofür die Saftcirculation in ihnen bei Hydrocharis Morsus ranae ein treffliches Beispiel liefert. Dieselbe dauert hier nur so lange als das Haar lebendig ist und steif von der Wurzel absteht, wenn es dagegen schlaff herunterhängt, so ist auch die Circulation verschwunden.

Fig. 162.



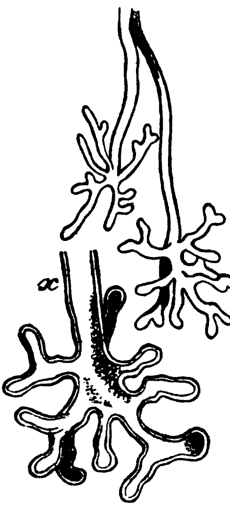
Die Wurzelhaare sind nur sehr selten verzweigt, bei einigen Lebermoosen (Mastigobryum trilobatum) (Fig. 163) und bisweilen auch bei Opuntia Ficus indica (Fig. 162). Gasparrini [1]) fand dagegen bei Saxifraga sarmentosa, Anemone appennina und Calendula micrantha

Fig. 162. Wurzelhaare von Opuntia Ficus indica. *a* Unverzweigt, *b* verzweigt, *c* Parenchymzellen der primären Rinde. (150mal vergröfsert.)

[1]) Gasparrini, sulla natura del succiatori e la escrezione delle radici. Napoli 1856.

häufig und bei Brassica Rapa fast immer verzweigte Wurzelhaare. Die Wurzelhaare der Marchantieen zeigen knotenförmige nach Innen vorspringende Verdickungen. Bei allen übrigen Pflanzen, soweit mir bekannt, einzellig, finden wir bei den Laubmoosen statt der Wurzelhaare lange, vielfach verzweigte, aus einer einfachen Reihe von Zellen bestehende, Fäden, welche, dem Vorkeime dieser Gewächse ähnlich, im Boden verlaufen, im Alter meistens ziemlich stark verdickt und braun gefärbt erscheinen und, nach W. Schimper, bei einigen Arten Brutzellen erzeugen. Auch die älteren Wurzelhaare der Farrnkräuter und Equisetaceen (ob aller?) sind braun gefärbt und dickwandig.

Fig. 163.



Die Wurzel entnimmt durch ihre papillöse oder mit Haaren bekleidete Oberhaut dem Medium, in welchem sie lebt, tropfbar flüssige oder gasförmige Stoffe. Nur lösliche Substanzen können ihr zu Gute kommen, sie giebt aber nicht oder doch nur in sehr beschränktem Grade Stoffe an den Boden ab. Die frühere Ansicht, nach welcher die Wurzel die der Pflanze schädlichen Stoffe an den Boden abgeben und dadurch denselben verschlechtern sollte, ist durch Braconnot, Walser und Boussingault aufs Gründlichste widerlegt worden. Wurzelausscheidungen dieser Art giebt es nicht, wohl aber verschlechtert die Wurzel den Boden dadurch, dafs sie ihm lösliche Stoffe hinwegführt. Das Geschäft der Aufsaugung wird aber nur von den mit einer thätigen Oberhaut bekleideten Theilen der Wurzel und darum in den meisten Fällen nur von der Wurzelspitze besorgt, weil die älteren Theile der Wurzel bei den meisten Pflanzen diese Oberhaut nicht mehr besitzen, vielmehr mit einer Borken- oder Korkschicht bedeckt sind. Auch die Wurzelhaube wird an diesem Geschäft wohl nur in ihrem allerjüngsten Zustande Antheil nehmen, weil sie später nach aufsen hin immer aus abgestorbenen Zellen besteht. Die Wurzelschwämmchen, von

Fig. 163. Wurzelhaare von Mastigobryum trilobatum. 100mal, x dagegen 400mal vergröfsert.

denen man früher annahm, dafs sie gleich einem Schwamm die Flüssigkeit aufsaugen und an die Wurzel abgeben sollten, sind aber nichts anderes als die abgestorbenen Zellen der Wurzelhaube, bisweilen noch vom abgestorbenen Rindenparenchym desjenigen Theiles, in dem die Nebenwurzel entstanden ist und der bei ihrem Durchbruch auf ihn hängen blieb, bedeckt. Als Luft führende Zellen haben sie mit der Aufsaugung nichts mehr zu thun, wohl aber schützen sie als Wurzelhaube die jugendliche Spitze der Wurzel, welche in allen Fällen neben der Verlängerung derselben auch die Aufnahme der Nahrung aus dem Boden besorgt. — Gasparrini glaubt dagegen eine Ausscheidung durch die Wurzelhaare nachgewiesen zu haben, indem er verschiedene Pflanzen in Flugsand wachsen liefs und nach dem Abspülen desselben die Spitze der Wurzelhaare äufserlich von einem körnigen Stoff umgeben fand. Nun läfst sich nicht in Abrede stellen, dafs allerdings der Sand und auch die Erde im Allgemeinen ziemlich fest an den Wurzelhaaren haften, was wenigstens eine klebrige Beschaffenheit der Aufsenseite der Wurzelhaare vermuthen läfst. Dagegen widerspricht die Beobachtung desselben Forschers, nach welcher sich die Wurzelhaare von Poa annua und Polypodium vulgare an ihrer Spitze mit einem Deckelchen öffnen sollen, den bisherigen Erfahrungen[1]).

Nach den neuesten Untersuchungen von Way, welche Liebig[2]) weiter ausdehnte, soll die Wurzel nicht, wie man bisher allgemein angenommen, die ernährenden Stoffe gelöst im Boden vorfinden, sondern dieselben erst durch Contactwirkung für sich löslich machen. Die Ackererde soll nämlich nach beiden die Eigenschaft besitzen, in Wasser gelöste Salze, welche als Pflanzennahrung dienen, so in sich aufzunehmen, dafs das abfiltrirte Wasser keine Spur derselben mehr enthält; dem Grade nach soll nun diese Eigenschaft nach den Bestandtheilen der Ackerkrume, namentlich nach der Menge der Thonerde, verschieden sein und hierauf zunächst die relative Güte des Bodens beruhen. Die in demselben wachsende Wurzel aber soll nach Liebig Kohlensäure ausscheiden und dadurch die von der Ackererde zurückgehaltenen löslichen Stoffe frei machen. Eine mit ihrer Wurzel in blauer Lackmuslösung wachsende Gemüsepflanze bewirkte durch Säureausscheidung das Rothwerden der Flüssigkeit, während nach dem Auf-

[1]) Ich verstehe leider zu wenig italienisch und kann deshalb auf die Beweisführung des Verfassers nicht näher eingehen.
[2]) Dinglers polytechnisches Journal. Heft 5. 1858.

kochen die blaue Farbe zurückkehrte. Die Ausscheidung einer freien Säure durch die Wurzeln war schon BECQUEREL bekannt; ebenso wissen die Gärtner, dafs Hornspäne in der Ackererde ohne Pflanzen nur sehr langsam verzehrt, dagegen durch die Wurzeln leicht aufgelöst werden. Dafs endlich die Wurzel auf das Medium, in dem sie lebt, noch chemisch einen Einflufs übe, wird noch durch Colocasia antiquorum bewiesen, welche durch ihre Wurzeln die Fäulnifs des stehenden Wassers im hohen Grade verhindert. Eine junge Pflanze, die ich auf Madeira im Wasser wachsen liefs, erhielt das letztere beständig klar, während der Blattstiel der Colocasia schon nach wenig Tagen das Wasser eines anderen Gefäfses trübe und faulig machte[1]).

Bei einer gesunden Pflanze stehen nun die Wurzeln im Boden oder im Wasser mit den Zweigen in der Luft im Verhältnifs, d. h. wenn ein Gewächs viel Zweige treibt, so darf man auch auf eine entsprechende Bewurzelung rechnen. So bildet z. B. der Baum eines Waldrandes nach der freien Seite ungleich mehr Zweige und in der Regel dem entsprechend an derselben Seite auch mehr Wurzeln. Desgleichen beschneidet der Gärtner den jungen Baum, wenn selbiger beim Verpflanzen einen Theil seiner Wurzeln verloren hat, um das gestörte Verhältnifs zwischen ihnen und den Zweigen wieder herzustellen. Aber auch dies Wurzelvermögen, d. h. die relative Menge der Wurzeln, ist nach den Pflanzen verschieden. So haben wir bei Epipogum und Corallorhiza Gewächse kennen gelernt, für welche der Wurzelstock die gar nicht zur Entwickelung gekommene Wurzel vertritt; wir finden überhaupt, dafs fast alle mit einem Wurzelstock versehenen Gewächse, als Lathraea, Dentaria, Adoxa, nur ein sehr schwaches Wurzelvermögen, d. h. wenig und nur schwache Wurzeln, besitzen. Bei Pflanzen ohne Wurzelstock steht dagegen die Menge der Wurzeln im allgemeinen, wie schon erwähnt, mit der Menge der Blätter tragenden Zweige im Verhältnifs, und bei den Gewächsen mit unterdrückter

---

1) THOMAS WAY. On the power of soils to absorb manure. (Journal of the royal agricultural Society of England. No. XXV. p. 313. 1850.) Sehr wichtige und für die Landwirthschaft folgenreiche Versuche, welche beweisen, dafs gewisse Bestandtheile des Düngers, wenn sie in löslichem Zustande mit Ackerkrume zusammenkommen, ihre Löslichkeit verlieren und sich mit dem Boden in eigenthümlicher Weise verbinden. Bei Ammoniaksalzen wird nach W. das Ammoniak zurückgehalten und die Säure frei, bei phosphorsauren Salzen wird dagegen auch die Phosphorsäure zurückgehalten. Gefaulter Urin, Flachsröstewasser u. s. w. verlieren, durch weifse Thonerde filtrirt, ihren Geruch, desgleichen ihr Ammoniak, Kali und ihre Phosphorsäure. (Annalen der Chemie. Bd. CV. Heft 1.)

Blattausbildung, den sogenannten blattlosen Cacteen und Euphorbiaceen scheint sogar das Wurzelvermögen sehr überwiegend zu sein. Auf den Barrancos um St. Cruz de Tenerife kann man die starken mit zahlreichen Peridermaschichten bekleideten, fast wagerecht streichenden, Wurzeln der Euphorbia canariensis 40 — 50 Fufs im Umkreis eines alten Exemplars verfolgen, und fast ebensoweit kriechen schlangenartig die holzigen, oftmals armdicken Wurzeln der Opuntia Ficus indica längs dem Gestein dahin, indem sie bei beiden Pflanzen, überall wo Nahrung zu finden ist, zahlreiche Saugwurzeln ausschicken, welche ein dichter Filz langer Wurzelhaare bekleidet. Die blattlosen Pflanzen scheinen somit viel Bodennahrung zu bedürfen, sie enthalten darum auch viele Salze in Krystallen ausgeschieden.

Der innere Bau der Wurzel.

§. 56. Der innere Bau der Wurzel weicht in allen mir bekannten Fällen wesentlich vom Bau des Stammes ab, doch mangelt es hier noch zu sehr an genauen vergleichenden Untersuchungen, um etwas allgemein Gültiges feststellen zu können[1]).

Eine Wurzelhaube ist, soweit mir bekannt, allen Wurzeln eigen und sie ist auch bei allen Pflanzen im Wesentlichen gleich gebaut, jedoch dem Grade ihrer Ausbildung nach sehr verschieden. In allen von mir untersuchten Fällen ist die Wurzelhaube, sowohl bei monocotyledonen als dicotyledonen Pflanzen, durch einen centralen Zellenstrang, der bisweilen Stärkmehl führt, mit dem Vegetationskegel der Wurzel organisch verbunden, derselbe ist aber natürlich nur dann sichtbar, wenn der Schnitt genau durch die Mitte der Wurzel geführt wurde. Die Zellen der durch diesen centralen Strang mit dem Vegetationskegel verbundenen Wurzelhaube sind schichtenweise angeordnet. Während nun die äufseren Schichten absterben, werden von Innen her neue Schichten gebildet. Die Wurzelhaube wächst auf diese Weise mit der Wurzelspitze und in demselben Grade als sie nach Aufsen abstirbt, wird sie von Innen her wieder ersetzt, wie dies an der jungen, aus dem Stamm hervorbrechenden, oft fingerdicken Wurzel des Pandanus odoratissimus besonders deutlich ist. Wenn eine solche Wurzel vertrocknet und sich zusammenzieht, so deckt die Wurzelhaube als weite, aus vielen terassenartig übereinander liegenden Schichten be-

1) Wigand hat leider nur ganz junge Wurzeln untersucht. Wigand, Botanische Untersuchungen. Braunschweig 1854.

stehende Kappe (Fig. 151. p. 140) die Spitze der Wurzel. Aber nicht in allen Fällen scheint die Wurzelhaube sich mit der Wurzelspitze weiter auszubilden, denn bei vielen Luftwurzeln (Laurus canariensis, Zamia und Macrozamia) ist sie nur in der Anlage vorhanden, ebenso bei der Orchisknolle (Fig. 96. p. 23).

Die Nadelhölzer haben eine sehr stark ausgebildete Wurzelhaube (Fig. 84. p. 6 u. Fig. 164), bei den Cupuliferen und bei den Betulineen (Fig. 165) ist sie schon schwächer entwickelt. Selbige ist bei der

Fig. 164.

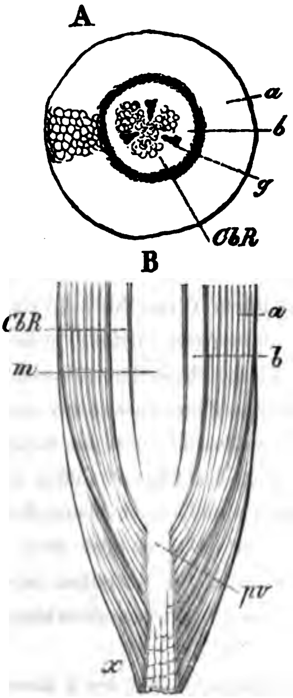


Fig. 165.

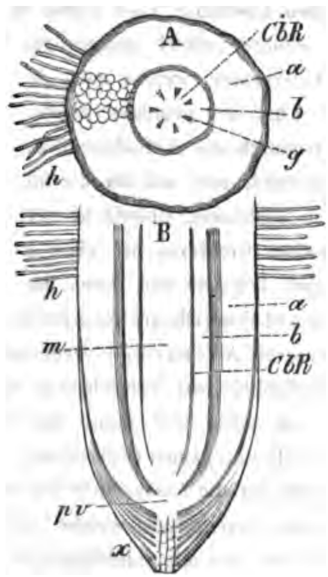


Fig. 164. Abies pectinata. *A* Querschnitt einer schwachen Seitenwurzel, *a* äufserer Theil der primären Rinde, *b* innerer Theil derselben, *CbR* Cambiumring, *g* Gefäfsbündel. *B* Längsschnitt durch dieselbe Wurzel, *m* das Mark, *pv* der Vegetationskegel, *x* die Wurzelhaube. (Vergröfserung 20mal.)

Fig. 165. Alnus glutinosa. *A* Querschnitt einer jungen Seitenwurzel, *a* äufserer Theil der primären Rinde, *b* innerer Theil derselben, *CbR* Cambiumring, *g* Gefäfsbündel, *h* Wurzelhaare. *B* Längsschnitt durch dieselbe Wurzel, *m* das Mark, *pv* der Vegetationskegel, *x* die Wurzelhaube. (Vergröfserung 20mal.)

Pfahlwurzel nicht anders gebaut als bei den Nebenwurzeln. Unter der Wurzelhaube und von ihr ringsum bedeckt, liegt der Vegetationskegel der Wurzel, welcher, gleich dem des Stammes, aus sehr kleinen zartwandigen, mit körnigen Stoffen erfüllten Zellen, einem wahren Urparenchym, besteht. Wenn man die jungen Wurzeln unserer Waldbäume vorsichtig aus dem Boden hebt und sorgfältig abspült, so erscheint das äufserste Ende der Wurzel durch die vertrockneten Zellen der Wurzelhaube in der Regel etwas braun gefärbt, während die zarte Spitze selbst eine gelbliche Färbung besitzt. Die Wurzelhaube entsendet, soviel mir bekannt ist, niemals Wurzelhaare.

Die primäre Rinde der Wurzel läfst bei der Mehrzahl der phanerogamen Gewächse zwei Theile unterscheiden, die durch eine mehr oder weniger scharf ausgeprägte concentrische Grenze getrennt sind. Die Aufsenrinde, welche nach den Pflanzen den gröfseren oder geringeren Theil der primären Rinde ausmacht, stirbt in der Regel früher ab, wodurch die Aufnahme flüssiger Nahrung aus dem Boden aufgehoben wird, weil mit ihr die absorbirende, in der Regel mit Wurzelhaaren bekleidete, Oberfläche verloren geht. Bei den Luftwurzeln der tropischen Orchideen ist diese Aufsenrinde als Wurzelhülle (Velamen radicum) bekannt und durch ihre bei einigen Arten zierlich verdickten Zellen und Wurzelhaare ausgezeichnet [1]). Einige Physiologen (Schleiden, Unger und A. Chatin) [2]) vermuthen, dafs selbige durch ihre poröse Beschaffenheit zur Verdichtung des Wasserdunstes und der Gasarten beitragen möge und somit zur Ernährung der Pflanze thätig wäre. Bei den Kryptogamen (Equisetum, Selaginella und verschiedenen Farrnkräutern) ist die Aufsenrinde der Wurzel nur auf eine oder zwei Zellschichten beschränkt, welche auch hier frühzeitig absterben und so den Verlust der mit zahlreichen Wurzelhaaren besetzten absorbirenden Oberhaut herbeiführen.

Die Oberhaut der Aufsenrinde, das Epiblema (p. 268 des 1. Bandes), ist immer zartwandig und nur von einer sehr zarten Cuticula bedeckt. Es fehlen die Spaltöffnungen. Die Wurzelhaare sind immer einzellig und nur höchst selten verzweigt (einzeln bei Opuntia, Ficus indica, ferner nach Gasparrini bei Calendula micrantha und Brassica Rapa). Dieselben sind bei vielen Pflanzen in grofser Menge vertreten (bei den

---

[1]) Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Taf. 73 u. 74. p. 195.

[2]) A. Chatin, Anatomie de plantes aëriennes de l'Ordre des Orchidees. Mémoires de la société des sciences de Cherbourg. 1856. Das erste Heft enthält eine vergleichende Untersuchung der Luftwurzeln dieser Familie.

Cacteen, Euphorbiaceen, bei Pinus, Alnus, Hydrocharis u. s. w.), fehlen aber auch manchen Gewächsen gänzlich (Abies pectinata, Monotropa, Cicuta virosa). Sie sind im Allgemeinen farblos, bei Equisetum und den von mir untersuchten Farrnkräutern dagegen, sammt den anderen Oberhautzellen gelbbraun gefärbt.

Im inneren Theil der primären Rinde treten nun ganz dieselben Verhältnisse auf, die wir für die primäre Rinde des Stammes kennen lernten. In der Wurzel der Wasserpflanzen zeigt die Rinde, wie im Stamm, weite Lufträume[1]). Bei Cicuta virosa und Menianthes trifoliata fehlt auch die Begrenzung in äufsere und innere primäre Rinde; die Anordnung der Gefäfsbündel in der Wurzel der letztgenannten Pflanze entspricht überdies dem Bau der monocotyledonen Wurzel. — Durch Korkbildung verschiedener Art kann die primäre Rinde begrenzt oder als Borke abgeworfen werden.

Die Wurzel der kryptogamen Gewächse zeigt in der Rinde statt der bei den Phanerogamen im allgemeinen vorkommenden Trennung in Aufsen- und Innenrinde nur ein frühzeitiges Absterben ihrer aus einer einfachen oder doppelten Zellenreihe bestehenden, mit Wurzelhaaren reichlich besetzten, Oberhaut. Diese Wurzelhaare sind bei Selaginella zart und farblos, dagegen bei Equisetum und den von mir untersuchten Farrnkräutern hochgelb gefärbt und dickwandiger. Unter dieser Oberhaut erscheint bei einigen Farrnkräutern (Balantium Culcita) ein mehrzelliger Kreis stark verdickter und verholzter braungefärbter Zellen. Die Wurzel scheint überall nur ein einfaches centrales Gefäfsbündel zu besitzen, während im Stamm der Farrnkräuter und Schachtelhalme ein Gefäfsbündelkreis vorhanden ist (p. 35). Bei Selaginella stolonifera, welche auch im Stamm ein einfaches centrales Gefäfsbündel, das gewissermafsen frei im Innern einer luftführenden, durch die Rinde gebildeten, Röhre liegt und nur dann und wann durch einzelne Zellengruppen mit der Wand dieser Röhre verbunden ist (Bd. 1. p. 318), kehrt zwar in der Wurzel dasselbe Gefäfsbündel, aber ohne die mit Luft erfüllte Röhre wieder; das centrale Gefäfsbündel wird hier direct von der Rinde umfafst und diese selbst ist viel kleinzelliger als die Rinde des Stammes. Bei Equisetum hiemale besteht das centrale Gefäfsbündel der Wurzel aus einem genau im Mittelpunkt des Gefäfsbündels liegenden, sehr weiten spiral-netzförmig verdickten Gefäfs, das an 4 be-

[1]) Chatin, Anatomie comparée des végétaux. Paris 1856.

stimmten, die Form eines Kreuzes einnehmenden, Stellen von einem engen Spiralgefäfs berührt und darauf von einem cambialen Gewebe umgrenzt wird. Die Rinde, welche dieses centrale Gefäfsbündel umschliefst, besteht im inneren Theile aus zartwandigen, mit Stärkmehlkörnern erfüllten Zellen. Unter der einzelligen, gelbgefärbten, mit Wurzelhaaren reichlich versehenen Oberhaut liegen mehrere Reihen stärker verdickter, dunkelbraun gefärbter Zellen. Die Bildung der Seitenwurzeln erfolgt immer nur zur Seite eines der 4 engeren Gefäfse; das Gefäfsbündel der Seitenwurzel berührt ein solches Gefäfs unmittelbar, die ganz junge Seitenwurzel hat dagegen, aufser dem weiten centralen Gefäfs, anfänglich nur 2 sich gegenüber liegende engere Gefäfse. Lufthöhlen, welche im Stamme vorkommen, sind hier in der Wurzel nicht vorhanden. Bei den Farrnkräutern (Balantium, Diplagium, Struthiopteris germanica, Botrychium lunaria) ist das einfache centrale Gefäfsbündel der Wurzel von einer Rinde umschlossen, in der die Ausbildungsweise der Zellen nach den Pflanzen verschieden ist; bei Balantium werden die unter der Oberhaut liegenden Zellen verdickt und verholzt, bei Diplagium dagegen bleiben sie dünnwandig, und sind bei älteren Wurzeln bis zum Gefäfsbündel braun gefärbt. Die gelbgefärbten dickwandigeren Wurzelhaare der Farrnkräuter scheinen eine längere Lebensdauer als die farblosen, zartwandigen, Wurzelhaare der Gewächse im allgemeinen zu besitzen.

Die Wurzel der höheren Kryptogamen ist demnach vom Stamm anatomisch wesentlich verschieden, denn sie besitzt aufser einer zwar, wie es scheint, im allgemeinen nur schwach entwickelten Wurzelhaube ein einfaches centrales Gefäfsbündel, das von der Rinde eng umschlossen ist, die ausgebildete kryptogame Wurzel kann sich, wie es scheint, nicht mehr verdicken[1]).

Bei den monocotyledonen Gewächsen ist das Dickenwachsthum der Wurzel mehr oder weniger beschränkt. Indem hier der Verdickungsring frühe unthätig und alsdann in der Regel durch eine oder durch mehrere Reihen entweder einseitig (Dracaena) (Taf. V. Fig. 11), oder allseitig (Smilax, Juncus bufonius) verdickter und ver-

---

[1]) A. Braun betrachtet die Wurzelhaare der Characeen, welche einem andern Wachsthumsgesetz als der Stamm und die Blätter folgen, und vielleicht mit Recht, als wahre Wurzeln. Da aber diese Wurzeln der Characeen, aus einfachen Zellen bestehend, auch keine Wurzelhaube haben, so habe ich sie hier nicht als wahre Wurzeln aufführen mögen, zumal da ich auch den Stamm und die Blätter der Characeen nicht als solche angesprochen habe.

holzter Zellen umgrenzt wird. Ein solches Band verdickter Zellen ist bei den Smilax-Arten, wo SCHLEIDEN[1]) die Formen seiner Zellen mit zur Bestimmung der Sarsaparill-Sorten benutzte und dasselbe Kernscheide nannte, sehr entwickelt, es fehlt aber auch beim Drachenbaum und bei den Palmen[2]), desgleichen bei den Gräsern und Juncus-Arten nicht. In der Wurzel der Orchideen pflegt es weniger ausgeprägt zu sein, obschon die scharfe Grenze des inneren Theiles von der Rinde auch hier nicht mangelt. Die aus dem Stamm hervorbrechenden, oftmals mehrere Zoll starken Wurzeln der Dracaena Draco und des Pandanus wachsen mehrere Jahre hindurch wie der Stamm, bis endlich durch die Bildung der Kernscheide ihr Dickenwachsthum begrenzt wird. Die Kernscheide ist im an der Luft wachsenden Stamm der Monocotyledonen nicht bekannt; sie findet sich dagegen schon im Rhizom von Iris chinensis und zwar mit einseitig verdickten Zellen, desgleichen im Rhizom der Cephalanthera rubra und wird wahrscheinlich im monocotyledonen Wurzelstock überhaupt vorkommen. Sie ist auch nicht der monocotyledonen Wurzel allein eigen, sondern kehrt bei gleicher Anordnung der Gefäfsbündel auch in der Wurzel von Menianthes trifoliata und wenn man so will auch für Cicuta virosa, bei centralem Gefäfsbündel, wieder[4]).

Die Gefäfsbündel der Wurzel sind überdies bei den Monocotyledonen nicht so vollständig getrennt und durch Parenchym isolirt, als dies im Stamm der Fall ist. Um ein centrales Mark ist nämlich, wenn man so will, ein Gefäfsbündelkreis ohne Markstrahlen angeordnet. Das Cambium jedes einzelnen Bündels erscheint dagegen immer durch verdickte und meistens auch verholzte Zellen umgrenzt (die Palmen, Orchideen, Dracaena (Taf. V. Fig. 11) Ruscus, Saccharum). In diesem

---

1) SCHLEIDEN, botanische Pharmacognosie. p. 69.
2) H. KARSTEN, die Vegetationsorgane der Palmen.
3) CASPARY, dessen Arbeit über die Hydrilleen (PRINGSHEIMS Journal Bd. 1.) mir erst jetzt zukommt, hält die Kernscheide, welche er Schutzscheide nennt, für eine zur Rinde gehörige Parenchymschicht. Da er jedoch die Entwickelungsgeschichte der Kernscheide nicht geliefert, so können auch die von ihm angezogenen Beispiele nicht entscheiden, indem die Axenorgane, welche eine solche zeigen, in ihrer frühsten Jugend allerdings einen für eine bestimmte Zeit thätigen Verdickungsring besitzen und es nur fraglich bleibt, ob die sich bildende Kernscheide aus der innersten Zellenreihe der primären Rinde oder aus der äufsersten, ältesten, durch den Verdickungsring entstandenen Zellenreihe gebildet wird. Interessant ist dagegen die Beobachtung, dafs bei weiterer Verdickung der Wurzel die Kernscheide zersprengt werde und sich neue Bildungen zwischen die alten einschieben.

Cambium nun lassen sich wieder auf dem Querschnitt (Smilax)[1]) zwei durch ihre Weite sehr verschiedene Zellenarten, nämlich weitere, welche nach Innen, und engere, welche der Peripherie zugewendet liegen, unterscheiden (Fig. 166), auch pflegen die Gefäfszellen der Wurzel weiter als im Stamm zu sein. Der Querschnitt der Wurzel einer monocotyledonen Pflanze zeigt somit in der Anordnung und Ausbildung seiner Theile wesentliche Verschiedenheiten vom Stamm; denn 1. zerfällt die primäre Rinde der Wurzel in der Regel in einen äufseren und einen inneren Theil, 2. ist eine Kernscheide vorhanden, 3. ist die Anordnung und Ausbildungsweise der Gefäfsbündel von der des Stammes verschieden (Fig. 167).

Fig. 166.

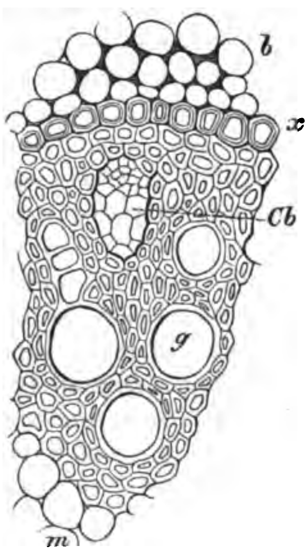


Fig. 167.

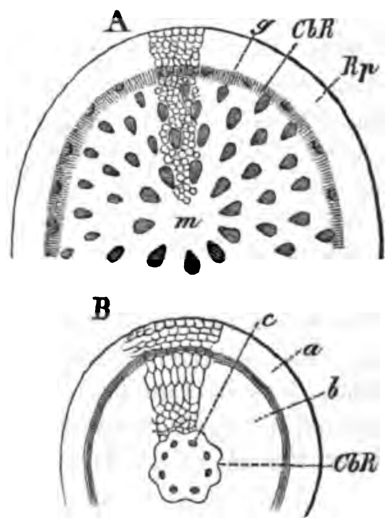


Fig. 166. Querschnitt durch die Wurzel von Smilax (Honduras Sarsaparille) nach Schleiden. *b* Innerer Theil der primären Rinde, *x* die Zellen der Kernscheide, *Cb* das Cambium, *g* Gefäfse, *m* Markzellen. (Vergröfserung 200 mal.)

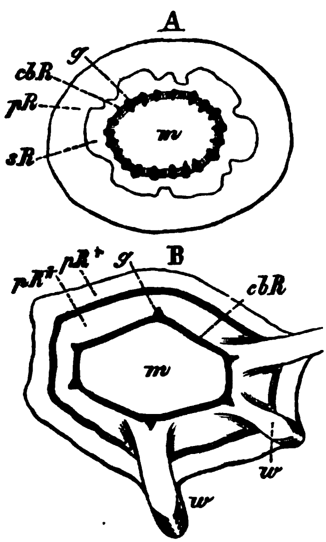
Fig. 167. Limodorum abortivum. *A* Querschnitt des Stammes, *Rp* primäre Rinde, *CbR* Cambiumring, *g* Gefäfse, *m* Mark. *B* Querschnitt der Wurzel, *a* äufserer Theil der primären Rinde, *b* innerer Theil derselben, *c* das Cambium eines der zu einem Ringe vereinigten Gefäfsbündel. (Vergröfserung 6 mal.)

---

1) Schleiden, botanische Pharmacognosie. p. 72. Fig. 3 *d.* — p. 74. Fig. 8 *d.* — p. 76. Fig. 13 *d.* und p. 77. Fig. 16 *d.*

Nicht so in die Augen fallenden, aber dennoch sehr wesentlichen, Verschiedenheiten des anatomischen Baues zwischen Wurzel und Stamm begegnen wir bei den dicotyledonen Gewächsen. Die Wurzel hat nämlich wie der Stamm, mit seltenen Ausnahmen, ein centrales, von einem Gefäfsbündelring umschlossenes Mark, dessen Weite oftmals bei derselben Pflanze sehr verschieden und von der Stärke der Wurzelknospe, aus der sie hervorgegangen, abhängig ist. Im allgemeinen ist aber das Mark in der Wurzel enger als im Stamm, so dafs es namentlich in den kleineren Nebenwurzeln häufig übersehen wurde, wodurch die irrthümliche Ansicht vom Fehlen des Markes in der Wurzel entstanden ist. Der Wurzel von Cicuta virosa fehlt dagegen wirklich das Mark. Die rübenförmigen Hauptwurzeln dieser Pflanze zeigen im Centrum des centralen Gefäfsbündels ein weites Gefäfs, von zahlreichen engeren Gefäfsen umgeben. Das Gefäfsbündel der Hauptwurzeln ist nicht begrenzt und im Umkreis fortbildungsfähig, in den Nebenwurzeln dagegen ist das centrale Gefäfsbündel scharf umgrenzt und die Stellung der Gefäfse in denselben von denjenigen in der Hauptwurzel verschieden. Die Rinde der letzteren hat unregelmäfsige Luftlücken, die Rinde der Nebenwurzeln dagegen besitzt regelmäfsig angeordnete, viel weitere Lufträume. Auch die Wurzel von Viscum album zeigt ein centrales Gefäfsbündel.

Fig. 168.



Der Gefäfsbündelring wächst nun bei der normal gebildeten Wurzel auch in normaler Weise weiter, der Gefäfsbündelverlauf ist aber, da er nicht, wie im Stamm durch den Austritt bestimmter Bündel geregelt wird, etwas anderer Art, auch scheint die seitliche Zertheilung der Gefäfsbündel, sowie die Zellenbildung in ihnen sparsamer als im Stamm zu verfolgen. Die keimende Wallnufs (Fig. 168) giebt hier ein treffliches Beispiel, indem die 4 oder 6 Bündel, welche

Fig. 168. Juglans regia. *A* Querschnitt des Stammes der jungen Keimpflanze, *pR* primäre Rinde, *sR* secundäre Rinde, *cbR* Cambiumring, *g* Gefäfs-

in der Wurzel noch ungetheilt sind, sich im Stamm bereits in je 3 Bündel zertheilt und so den Anfang eines geschlossenen Holzringes gebildet haben[1]).

Aus diesen ursprünglichen Verschiedenheiten in der Entwickelungsweise der Gefäſsbündel des Stammes und der Wurzel, welche bei allen von mir untersuchten dicotyledonen Pflanzen mit holzigem Stamm, wenngleich nicht immer so scharf ausgeprägt, wiederkehren, erklärt sich die spätere Verschiedenheit zwischen Stamm- und Wurzelholz und zwischen Stamm- und Wurzelrinde. Das Holz und die secundäre Rinde der Wurzel haben nämlich bei allen von mir untersuchten Bäumen ungleich weitere Zellen und bei gleichem Alter weniger Markstrahlen. Es scheint demnach, als ob die Zerklüftung der Gefäſsbündel durch letztere von Anfang an in der Wurzel dem Grade nach beschränkter als im Stamm erfolgt und daſs davon wiederum der Grad der Zellenvermehrung in den Gefäſsbündeln abhängig ist, und endlich bei beschränkter Zellenvermehrung im Cambiumring der Wurzel die Ausdehnung der gebildeten Zellen vorherrscht. Das Wurzelholz und die secundäre Rinde der meisten Bäume besitzt deshalb 2—3 mal so breite Langzellen (Holzzellen, Gefäſszellen, Cambiumzellen und Bastzellen) und meistens auch breitere Markstrahlzellen als das Stammholz derselben Pflanze, was bei den Nadelhölzern am schärfsten hervortritt. Im Holz der Wurzel aller mir bekannten Coniferen sind die Holzzellen nämlich 2—4 mal so breit als im Stamm und deshalb mit 2—4 Tüpfelreihen versehen, während die Holzzellen des Stammes immer nur eine einzige Tüpfelreihe besitzen[2]), wobei zugleich die Gröſse des Tüpfelhofes selbst im Wurzelholze zunimmt.

Breite der Holzzellen.

	Abies pect.	Picea vulg.	Pinus silv.	Larix europ.
Holzzellen des Stammes . . .	$\frac{8}{400}$ millim.	$\frac{8}{400}$ millim.	$\frac{6}{400}$ millim.	$\frac{8}{400}$ millim.
» der Wurzel	$\frac{20}{400}$ »	$\frac{18}{400}$ »	$\frac{24}{400}$ »	$\frac{24}{400}$ »

bündel, *m* Mark. *B* Querschnitt der Pfahlwurzel derselben Keimpflanze. Die primäre Rinde zerfällt in 2 Theile pR^{I} und pR^{II}. Die Seitenwurzeln (*w*) bilden sich nur da, wo Gefäſsbündel liegen. (Vergröſserung 5 mal.)

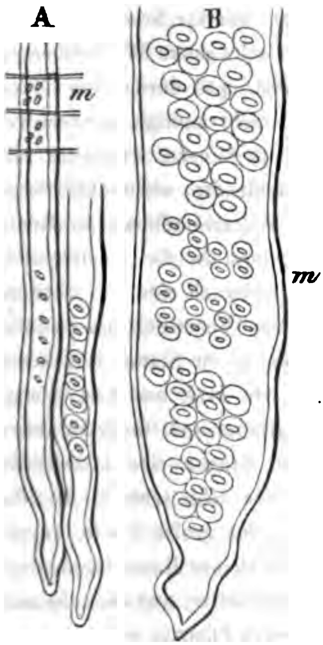
---

1) Ueber die Keimung der Wallnuſs in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. p. 110.

2) Man vergleiche meinen Baum. p. 200, 202, 204.

Selbst bei Araucaria, der man bisher ganz allgemein auch im Stammholz mehrere Tüpfelreihen zugeschrieben, kehrt dasselbe Verhältnifs, und zwar noch schärfer ausgeprägt, wieder, indem die Holzzellen des Stammes der Araucaria brasiliensis nicht über $\frac{8}{400}$ millim. breit und mit einer Tüpfelreihe versehen sind, während die Holzzellen der Wurzel bis $\frac{30}{400}$ mill. breit werden und 2 — 4 Tüpfelreihen besitzen. Der Tüpfelhof im Stamm $\frac{3-4}{400}$ millim. breit, mifst in der Wurzel $\frac{6}{400}$ millim. (Fig. 169). Fossile Nadelhölzer mit mehreren Tüpfelreihen in der Holzzelle sind danach nicht, wie es bisher vielfach geschehen ist, für Araucarien, sondern einfach für das Wurzelholz einer Conifere zu erklären, dessen genauere Bestimmung erst durch die weitere Vergleichung des Baues zu ermitteln ist.

Fig. 169.



Auch die secundäre Rinde der Wurzel besteht wie das Wurzelholz aus ungleich weiteren Zellen als im Stamme, die Bastzellen der Araucaria brasiliensis sind hier fast dreimal so breit als im Stamme. Uebrigens wiederholen sich bei der Wurzel, im Holz- sowohl als im Basttheile der Gefäfsbündel, alle Zellenelemente und in gleicher Anordnung wie sie im Stamme vorkommen. Die Lerche, welche in der secundären Rinde Harzbehälter nachbildet, ist auch in der Wurzel mit solchen versehen, die Rinde älterer Wurzeln der übrigen Abietineen hat dagegen, weil nur die primäre Rinde Harzgänge besitzt, diese aber in der Wurzel durch Borkenbildung früher als im Stamm abgeworfen wird, keine Harzbehälter. Die Milchsaft führenden Gewächse sind auch in der Wurzel mit Milchsaftgefäfsen versehen.

Die primäre Rinde der dicotyledonen Wurzel läfst, wie die Wurzel überhaupt, einen äufseren und einen inneren Theil unterscheiden. Allein

Fig. 169. Araucaria brasiliensis. *A* Isolirte Holzzellen aus dem Stamm. *B* Isolirte Holzzellen aus der Wurzel desselben Baumes, *m* der Ort, wo die Markstrahlzellen die Holzzellen berührten. (Vergröfserung 200 mal.)

sie stirbt in der Regel zeitig ab. Die Kork- und Borkenbildung ist alsdann im Allgemeinen in der Wurzel stärker als im Stamm, was bei Euphorbia canariensis, aber auch bei unseren Waldbäumen, besonders in die Augen fällt. Während nämlich der kantige Stamm der genannten Euphorbia viele Jahre lang seine mit einem Wachsüberzug geschützte Oberhaut behält und selbige erst spät durch eine dünne Peridermaschicht ersetzt, bekleidet sich die nicht kantige, sondern bei ungehinderter allseitiger Ausbildung stielrunde Wurzel frühzeitig mit einem braungefärbten, schichtenweise sich bildenden, nicht abblätternden Periderma, welches bei 2 Zoll starken Wurzeln oftmals die Breite eines halben Zolles erreicht. Auch bei Opuntia ist die Peridermabildung für die stielrunde Wurzel viel bedeutender als für den Stamm, der sich erst spät mit Lederkork bekleidet. Das Wurzelholz der Opuntia Ficus indica ist, obschon aus weiteren Zellen als im Stamm bestehend, doch, weil die Markstrahlen, welche dort sehr breit und zartwandig, hier dagegen nur schmal und zum Theil verholzt sind, ungleich fester und holziger, dazu ist das Mark, das im Stamm eine bedeutende Ausdehnung besitzt, hier in der Wurzel nur sehr schmal; dieselbe Menge der Gefäfsbündel, welche dort über eine grofse Fläche ausgebreitet ist, findet sich darum hier auf einen kleinen Raum zusammengedrängt. Aehnliche anatomische Verschiedenheiten zwischen Stamm und Wurzel werden sicherlich auch bei anderen Pflanzen wiederkehren, und möchte namentlich eine genaue vergleichende Untersuchung des Stammes und der Wurzel krautartiger Gewächse, sowie der Wasserpflanzen, noch viel Neues liefern. Im Allgemeinen kann man aber das Wurzelholz und die Wurzelrinde der Dicotyledonen als ungleich weitzelliger und darum leichter als das Stammholz erklären. Das Wurzelholz einiger Anona-Arten (A. paludosa), ferner der Aedemone mirabilis[1]), ist kaum schwerer als Kork oder Fliedermark und wird das erstere deshalb in den Tropen (auf Cuba) vielfach statt des Korks verwendet.

Wo das Holz überhaupt Jahresringe besitzt, ist auch das Wurzelholz mit selbigen versehen, wo sie dagegen im Stamme fehlen, werden sie auch in der Wurzel vermifst. Das Wurzelholz der Araucaria brasiliensis hat keine Jahresringe. Das Leben der Wurzel ist demnach

---

1) Theodor Kotschy, Aedemone mirabilis. Ein neues Schwimmholz vom weifsen Nil. Wien 1858.

bei periodisch wachsenden Pflanzen ebenso periodisch beschränkt als im Stamme.

Die Wurzelspitzen unserer einheimischen Waldbäume, deren Wachsthum in der Vegetationszeit stetig fortschreitet, verlängern sich, wie es scheint, im Winter nicht, ihre Aufsenrinde stirbt dagegen ab und bekleidet sie, gleich den älteren Theilen der Wurzel, mit einer für die Aufsaugung flüssiger Nahrungsmittel untauglichen, dagegen vor dem Vertrocknen schützenden, Hülle. Man kann deshalb die jungen Bäume zur Winterzeit verpflanzen, während der Vegetation dagegen ist das Freilegen der Wurzeln gefährlich.

Das Wurzelholz der Bäume ist, durch die zahlreichen Seitenwurzeln, welche dasselbe, wie es scheint, ohne gesetzmäfsige Regel, durchsetzen, knorrig; es spaltet selten gerade und ist deshalb als Bauholz unbrauchbar, aber auch als Brennholz hat es, leichter wie das Stammholz, einen viel geringeren Werth.

Die im Parenchym der Wurzel enthaltenen Stoffe endlich sind nahebei dieselben als im Stamm, nur scheint das Blattgrün in allen unter Lichtabschlufs wachsenden Wurzeln zu fehlen; die Luftwurzeln tropischer Orchideen sind dagegen häufig durch dasselbe grün gefärbt. Stärkmehl und Zucker sind in den Wurzeln sehr verbreitet, doch kommen sie, wie in allen Pflanzentheilen überhaupt, wohl selten neben einander vor. Der Saft der Zuckerrübe enthält bis 14 % trockenen, krystallisirbaren Zucker, im normalen Zustande fehlt hier das Stärkmehl, dagegen kommt, wie ich kürzlich nachgewiesen, unter ganz bestimmten krankhaften Verhältnissen die bisher noch nicht beobachtete Rückbildung des Zuckers in geformte Stärke (Stärkmehlkörner) vor. Die Luftwurzeln von Laurus canariensis enthalten fettes und flüchtiges Oel. Schleim und andere nicht scharf zu charakterisirende Stoffe sind ebenfalls in den Wurzeln vorhanden. Das Rindenparenchym derselben hat bei der Weifstanne eine röthliche Färbung. Der Vegetationskegel der Wurzelspitze und das Cambium überhaupt sind reich an stickstoffhaltigen Verbindungen. Krystalle sind auch im Gewebe der Wurzel vielfach verbreitet.

XIV. Die Fortpflanzung der kryptogamen Gewächse.

§. 57. Die kryptogamen Gewächse, welche lange für geschlechtslos galten, sind mit Ausnahme der Pilze und Flechten, für welche die geschlechtliche Vermehrung zum wenigsten noch nicht sicher gestellt ist, gleich den phanerogamen Pflanzen mit einem Geschlechtsapparat versehen. Im männlichen Organ, Antheridie genannt, bilden sich ein, jedoch häufiger zahlreiche, Körperchen, welche, nachdem sie freigeworden, mit scheinbar willkürlicher Bewegung umherschwimmen. Im weiblichen Organ entsteht dagegen nach der Befruchtung entweder die Anlage zu einer jungen Pflanze (bei den meisten Algen, den Charen, Farrnkräutern, Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen), oder es bildet sich in ihm eine Frucht mit zahlreichen Sporen (bei der Algengattung Coleochaete, desgleichen bei den Lebermoosen und Laubmoosen). Die männlichen und die weiblichen Geschlechtsorgane erscheinen entweder mit einander auf derselben Pflanze oder getrennt auf verschiedenen Pflanzenexemplaren.

Bei den Algen sind beide am einfachsten gebaut, sie bestehen dort meistens nur aus einer Zelle. Das weibliche Organ, das Oogonium, der Algen enthält eine membranlose Protoplasmamasse, welche nach erfolgter Vermischung mit einem oder mehreren der beweglichen Körperchen des männlichen Organs, welche hier Befruchtungskörper oder Antherozoiden genannt werden, zur Keimzelle wird. Bei der Gattung Coleochaete ist das weibliche Organ nicht mehr so einfach gebaut, indem die einfache Zelle hier nach der Befruchtung eine zellige Umhüllung erhält, was bei dem weiblichen Organ der Characeen in ähnlicher Weise wiederkehrt. Von den Laub- und Lebermoosen ab entsteht dasselbe, welches viele Autoren ohne Unterschied das Archegonium nennen, bei allen höheren Kryptogamen ursprünglich als ein an seiner Spitze geschlossenes, aus mehreren oder vielen Zellen zusammengesetztes Gebilde, welches in seinem Grunde eine grösere Zelle, Hofmeisters Centralzelle, umschliefst, und sich zur Zeit der Befruchtung an seiner Spitze öffnet, worauf ein freier Kanal bis zur Centralzelle hinabführt. In dieser Centralzelle bildet sich nun durch die Befruchtung entweder eine Keimpflanze (bei den Farrnkräutern, Equisetaceen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen), in welchem Falle auch ich das weibliche Organ Archegonium oder Keimorgan nenne, oder es entsteht in ihm

die Frucht mit vielen Sporen (bei den Leber- und Laubmoosen), wo ich der älteren Bezeichnung dieses Organs als Pistill den Vorzug gebe.

Das männliche Organ, die Antheridie, ist bei den Characeen am complicirtesten gebaut, seine Spermatozoiden oder Schwärmfäden bilden sich hier, nämlich einzeln in kleinen Zellen, welche confervenartig aneinandergereiht lange Fäden darstellen, die mit anderen sehr regelmäſsig angeordneten Zellen das Innere des kugeligen Antheridiums ausfüllen, während bei allen übrigen Kryptogamen dieselben in Mutterzellen entstehen, welche als gleichmäſsiges Gewebe den inneren Raum der Antheridie einnehmen. Die männlichen Organe der Farrnkräuter und Equisetaceen sind ungestielt, sie erscheinen auf dem Vorkeim, während die gestielten Antheridien der Characeen, der Leber- und Laubmoose von der entwickelten Pflanze getragen werden. Die Antheridien der Lycopodiaceen und einiger Rhizocarpeen endlich sind freie Zellen, welche, den Sporen ähnlich, in besonderen Organen (Antheridienbehältern) entstehen und zur Zeit der Befruchtung Schwärmfäden entlassen.

Die Spermatozoiden oder Antherozoiden der Algen sind kleine, einer Zelle ähnliche Körperchen, mit 2 oder mehreren Wimpern besetzt, die mit Ausnahme der Florideen-Antherozoiden, denen die Wimpern fehlen, beweglich sind.

Die Schwärmfäden der Characeen, der Leber- und Laubmoose dagegen bestehen aus einem schraubenförmig gewundenen, zarten Faden, welcher nach den meisten Beobachtern mit zwei sehr langen zarten, peitschenschnurartigen Wimpern endigt. Bei den Farrnkräutern, den Equisetaceen und bei Isoëtes ist das schraubenförmig aufgewundene Band des Schwärmfadens selbst mit vielen schwingenden Wimpern bekleidet. Die Schwärmfäden der Selaginella und der Rhizocarpeen endlich sind, soweit man sie bisjetzt kennt, zarte spiralförmig aufgewundene Fäden. Die Spermatozoiden der höheren Kryptogamen gehen mit schraubenförmig sich drehender Bewegung oft scheinbar willkürlich im Wasser umher. Nur bei den Algen, einem Laubmoose und den Farrnkräutern ward bis jetzt ihr Eindringen in das weibliche Organ direct wahrgenommen.

Beide Geschlechtsorgane entstehen nun entweder an der ausgebildeten Pflanze (bei den meisten Algen, den Characeen, den Leber- und den Laubmoosen), oder auf einem bei der Keimung einer, auf ungeschlechtlichem Wege erzeugten, Sporenart hervortretenden Neubildung,

welche man, da sich auf ihr erst später im Innern des Archegoniums die eigentliche Pflanze bildet, den Vorkeim nennt. Dieser Vorkeim wird bei den Farrnkräutern und Schachtelhalmen zu einem gröfseren, freien flächenartigen Gebilde, bei den Lycopodiaceen und Rhizocarpeen dagegen bleibt derselbe gewissermafsen als Kappe auf dem Scheitel der sich öffnenden Spore sitzen, welche darauf durch ihren Inhalt entweder den Vorkeim (bei Isoëtes und den Rhizocarpeen) oder die junge, nach der Befruchtung im Archegonium entstandene Pflanze selbst (bei Selaginella) ernährt. Bei Isoëtes und Selaginella füllt sich die unter dem Vorkeim liegende grofse Zelle der Spore mit einem an das Sameneiweifs des Embryosackes der phanerogamen Pflanzen erinnernden besonderen Nahrungsgewebe; bei den Rhizocarpeen dagegen giebt selbige nur einfach die in ihr aufgespeicherten Nahrungsstoffe ab. Bei den Leber- und Laubmoosen ist die Frucht das Product geschlechtlicher Zeugung, bei den meisten Algen und allen übrigen höheren Kryptogamen verdankt dagegen die junge Pflanze selbst dem Geschlechtsact ihr Entstehen, während die Frucht mit den in ihr entstandenen Sporen aus sich, d. h. ohne Befruchtung, entsteht, und den Charen endlich derartige Früchte ganz fehlen.

Bei den Pilzen und Flechten, für welche die geschlechtliche Zeugung noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist, kennt man mehrere Arten der Fortpflanzung durch frei werdende Zellen, welche sofort keimen; man kennt überdies frei werdende, gleichfalls unbewegliche kleinere Zellen, welche nicht keimen und die man deshalb, sowie aus dem gleichzeitigen Vorkommen derselben mit bestimmten gröfseren, keimfähigen Zellen als männliche Wesen betrachtet und Spermatien genannt hat. — Derselbe Pilz kann aufserdem unter Umständen mit verschiedenen Fructificationsformen auftreten.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt bei den Algen und beblätterten Lebermoosen durch einfache, sich ablösende Zellen (Brutzellen) der ausgebildeten Pflanze. Schon bei den laubigen Lebermoosen und bei den Laubmoosen bleiben die Brutzellen noch eine Zeit lang mit der Mutterpflanze in Verbindung und lösen sich erst als mehrzellige Körper von derselben. Bei den Farrnkräutern dagegen bilden sich mit einem Gefäfsbündel versehene Brutknospen, welche zur neuen Pflanze werden. Mit dem Auftreten ausgebildeter Gefäfsbündel scheint nunmehr überhaupt die Fähigkeit einer ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch sich ablösende Zellen aufzuhören, denn

selbige ist von den Farrnkräutern ab in der Reihe der höheren Gewächse nicht mehr bekannt, vielmehr auf die Brutknospen, welche bereits die Anfänge der Gefäfsbündel besitzen, übertragen.

Eine andere Art ungeschlechtlicher Fortpflanzungszellen der Algen sind als Schwärmsporen bekannt; mit einer bestimmten Anzahl schwingender Wimpern versehen, laufen dieselben eine Zeit lang im Wasser umher, werden darauf allmälig stille und keimen. Durch die Schwärmsporen geschieht die rasche Vermehrung dieser Gewächse in der ihrem Gedeihen günstigen Jahreszeit, während die durch Zeugung entstandenen viel gröfseren und durch dicke Zellstoffhäute geschützten Sporen die Pflanze, während der Dauer ungünstiger Verhältnisse (z. B. für die Winterzeit) erhalten. Bewegliche Sporen sind nur für die Algen bekannt. Es giebt für einige Oedogonium-Arten sogar zweierlei Schwärmsporen, nämlich (Androsporen), welche sehr kleine, eine Antheridie tragende männliche Pflanzen entwickeln und andere Schwärmsporen, aus denen die grofse Pflanze mit weiblichen Organen hervorgeht. Die Zwitterpflanzen derselben Gattung besitzen dagegen nur einerlei Schwärmsporen.

Die Sporen der Leber- und Laubmoose, aus der durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Frucht, keimen mit einem faden- oder flächenförmigen Vorkeim, auf dem direct eine oder mehrere Knospen entstehen, die zu jungen Pflanzen heranwachsen; die junge Pflanze der nicht durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Spore dagegen (bei den Farrnkräutern, Schachtelhalmen, Lycopodiaceen und Rhizocarpeen) wächst erst aus dem befruchteten Keimorgan des Vorkeims hervor.

Man kann nach der hier übersichtlich zusammengestellten Erscheinungsweise geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung die Kryptogamen 1. in geschlechtlich fruchtbildende und 2. in geschlechtlich keimbildende Pflanzen unterscheiden. Nach der Art der Fortpflanzung kann man ferner dieselben noch in 6 Gruppen theilen: 1. Gewächse, deren geschlechtliche Fortpflanzung bis jetzt nicht sicher festgestellt ist (Pilze, Flechten), 2. Pflanzen, deren männliche und weibliche Organe noch aus einer einfachen Zelle bestehen, und welche sich durch runde oder längliche bewegliche Körper befruchten (Algen), und die ferner mit beweglichen ungeschlechtlich entstandenen Sporen, Schwärmsporen, versehen sind, 3. Pflanzen, welche Pistill und Antheridie mit Schwärmfäden auf der vollkommenen Pflanze entwickeln (Leber- und Laubmoose), 4. Pflanzen, welche Keimorgan und An-

theridie an der vollkommenen Pflanze ausbilden (die Charen), 5. Gewächse, deren Spore einen flächenartigen Vorkeim entwickelt, auf welchem Antheridien und Keimorgane entstehen (die Farrnkräuter und Equisetaceen) und endlich 6. Pflanzen, deren eigenthümlich gebaute Spore sich mit der Antheridie an der vollkommenen Pflanze entwickelt, deren Spore jedoch erst später, und zwar auf ihrem Scheitel, einen Vorkeim bildet, auf welchem ein oder mehrere Keimorgane entstehen, während sich um dieselbe Zeit in den Antheridien Schwärmfäden entwickeln (Lycopodiaceen und Rhizocarpeen).

Endlich kann man auch für die Kryptogamen die Vorstellung eines Generationswechsels, wie solcher durch Steenstrup und Andere für die niederen Thiere nachgewiesen ist, annehmen, kommt hier aber, wenn man das Auftreten der Geschlechtsorgane als den entwickeltesten Zustand der Pflanze betrachtet, bei denjenigen Familien, wo der Vorkeim selbige entwickelt, etwas ins Gedränge; weshalb ich es vorziehe, diese, vielleicht recht geistreiche Anschauungsweise, welche sich bei den Phanerogamen, deren Blüthen immer den Cyclus beschliefsen, als Sprofsfolge besser durchführen läfst, hier nicht weiter auszuführen. — Der Vorkeim der höheren Kryptogamen ist eine aus Parenchymzellen bestehende Bildung, ohne Gefäfsbündel (?), welcher vergeht, sobald sich aus oder auf ihm die vollkommene Pflanze entwickelt hat.

Die Antheridien und Pistille der Laubmoose wurden von Hedwig[1]) zuerst richtig gedeutet; derselbe beobachtete nämlich das Ausströmen der Fovilla, die er den Pollen nannte, weshalb er die Antheridie auch mit der Anthere der Phanerogamen verglich, und verfolgte zugleich die Bildung der Frucht im Innern des Pistills. Schmiedel[2]) fand dieselben Organe auch bei den Lebermoosen und gewahrte zuerst, bei Fossombronia pusilla, die Bewegung der Schwärmfäden. Letztere wurden durch Bischoff[3]) bei Chara entdeckt und für Infusorien gehalten (1828); allein Meyen gebührt das Verdienst, die Schwärmfäden der Lebermoose, Laubmoose und Charen nach ihrer Gestalt und Bewegung zuerst richtig erkannt und beschrieben zu haben (1839). Nägeli fand darauf (1843) die Antheridie mit den Schwärmfäden am Vorkeim der Farrnkräuter; Leszczyc-Suminski aber entdeckte das Keimorgan, in dessen Innern er die erste Anlage der jungen Pflanze entstehen und später aus demselben hervorwachsen sah (1848). Derselbe beobachtete gleichfalls das Eindringen der Schwärmfäden in das Keimorgan, welches anfänglich vielfach, und auch von mir, in Zweifel gezogen, später aber durch v. Mercklin und Hofmeister bestätigt wurde. Suminski glaubte, dafs aus dem eingedrungenen Schwärmfaden selbst die junge Pflanze hervorginge, nach der von Schleiden und später auch von mir vertheidigten, jetzt aber aufgegebenen Ansicht, nach welcher das Pollenschlauchende selbst sich zur ersten Zelle des Keims umbilden sollte. Die Keimung der Equisetaceen wurde darauf von

---

1) Hedwig, historia naturalis muscorum frondosorum. Lipsiae 1782.
2) Schmiedel, Icones plantarum. Tab. XX. Observatio 5.
3) Bischoff, die Charen und Equisetaceen. Nürnberg 1828.

Milde (1850) und Hofmeister zuerst genauer beobachtet, nachdem Thuret zuvor die Antheridien der Schachtelhalme entdeckt hatte. Hofmeister löste auch bei den Rhizocarpeen (1849) das Räthsel der Befruchtung, indem er nachwies, dafs selbige nicht, wie man nach Schleidens Untersuchungen geglaubt, den Phanerogamen angehören. Er fand die Archegonien auf dem Vorkeim und bestätigte das Dasein der Schwärmfäden in den vermeintlichen Pollenkörnern, wie es Nägeli schon vor ihm beobachtet hatte. Mettenius, welcher die Schwärmfäden in der kleinen Spore von Isoëtes (1850) zuerst gesehen, bekräftigte darauf Hofmeisters Entdeckung, der letztere aber fand die Schwärmfäden in der kleinen Spore der Selaginella und den Vorkeim mit den Archegonien auf dem Scheitel der grofsen, im Keimen begriffenen Spore dieser Pflanze. Mettenius endlich beobachtete die so interessante Keimung des Ophioglossum. — Durch die zahlreichen, sämmtlich sehr schätzenswerthen Arbeiten der genannten Beobachter, sowie einiger anderer Forscher, die weiter im Text am betreffenden Orte genannt werden, war nunmehr zwar eine geschlechtliche Zeugung für die höheren Kryptogamen nachgewiesen, allein der eigentliche Vorgang der Befruchtung war noch keineswegs mit Sicherheit erkannt, bis Pringsheim bei Vaucheria (1855) und bald darauf auch bei Oedogonium das Eindringen der beweglichen Samenkörperchen (Antherozoiden) des männlichen Organes in die Protoplasmamasse des weiblichen Organes, sowie die Bildung der ersten Zelle der jungen Pflanze aus der befruchteten Protoplasmamasse mit allen ihren Nebenumständen beobachtete, was später durch Schenk bestätigt wurde. Thuret hatte schon früher gezeigt, dafs die Sporen der Fucaceen erst keimen, wenn sie mit den Antherozoiden in Berührung gekommen, was Pringsheim später bestätigte. Cohn verfolgte bald darauf die Befruchtung bei Sphaeroplea. — Somit ist denn die geschlechtliche Vermehrung der Kryptogamen von den Algen ab sicher gestellt. Bei den Pilzen und Flechten dagegen, wo man, wie bei den Florideen, wohl kleine unbewegliche nicht keimende Sporen neben gröfseren keimfähigen Sporen kennt, ist selbige noch nicht sicher bewiesen. — Die Schwärmsporen der Algen wurden von Unger (1843) bei Vaucheria zuerst gesehen und später durch die zahlreichen Untersuchungen von A. Braun, Cohn, Thuret, Derbés und Solier, desgleichen durch Pringsheim, de Bary und andere Forscher noch bei vielen anderen Algen aufgefunden. — Mit der Erforschung der Pilze haben sich insbesondere Tulasne und de Bary und mit den Flechten Speerschneider beschäftigt. Die Keimung der Lebermoose ist namentlich von Gottsche und Grönland, die Keimung der Laubmoose dagegen von W. Schimper und die Keimung der Charen durch Bischoff, v. Martius, Kaulfuss, C. Müller und Andere näher erforscht worden. Die Kryptogamen haben überhaupt, und mit Recht, viele und meistens sehr tüchtige Bearbeiter gefunden, so dafs dieser Theil der pflanzlichen Entwickelungsgeschichte, welcher noch vor 15 Jahren eine traurige Einöde war, jetzt eine reiche Erndte darbietet. Insbesondere aber verdanken wir den so einfach gebauten, und dabei meistens grofszelligen, Algen sehr wichtige Aufschlüsse, sowohl über die Art der Zellenbildung, als auch über den Vorgang der Befruchtung, dessen Beobachtung schon bei den höheren Kryptogamen, noch mehr aber bei den Phanerogamen, durch den complicirteren Bau der betreffenden Organe, sehr erschwert, ja bisweilen unmöglich gemacht wird, so dafs wir jetzt für die Algen die vollständigsten und sichersten Beobachtungen über diese beiden Vorgänge besitzen[1]).

---

[1]) Zur allgemeinen Literatur über die Fortpflanzungsorgane der Kryptogamen.

A. Braun, die Verjüngung in der Natur. 1850.

Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851.

Kützing, Philosophische Botanik. Leipzig 1851.

v. Mohl, Entwickelung und Bau der Sporen der kryptogamen Gewächse. 1833.

Die Fortpflanzung der Pilze.

§. 58. Bei den Pilzen, welche für die äufseren Formen schon im Allgemeinen einen grofsen Spielraum lassen, ist auch die Art der Fructification sehr mannigfach und kann sogar derselbe Pilz unter mehreren Formen der Fortpflanzungsorgane auftreten. Insbesondere sind es die niederen, zum Theil parasitischen Pilze, für welche ein solcher Dimorphismus bekannt ist. Die Pilze und Flechten leben nicht im Wasser.

Im Allgemeinen besteht das Pilzgewebe aus fadenförmigen Zellen (Hyphen), die jedoch bisweilen, so beim Fliegenschwamm (Bd. 1. p. 166), auch eine andere Gestalt annehmen, und deren freie Endzellen sich als Fortpflanzungsorgane ausbilden können (Bd. 1. p. 173). Die Zellenfäden bleiben nun entweder für sich und tragen einzeln ihre Fortpflanzungszellen (bei den niedrigsten Pilzen, z. B. einigen Schimmelarten) oder sie bilden, unregelmäfsig durch einander verlaufend, ein Pilzlager (Mycelium, Thallus, Stroma) das entweder ohne bestimmte Form verbleibt und nur hier und da gesellig seine Fortpflanzungsorgane ausbildet, oder bei den am höchsten organisirten Pilzen, nach bestimmten morphologischen Gesetzen, eine scharf begrenzte Kugel-, Becher- oder Hutgestalt u. s. w. annimmt, welche nach bestimmter Anordnung die Fortpflanzungsorgane entwickelt.

Diese sind nun bei den höher organisirten Pilzen, soweit wir bisjetzt wissen, zweierlei Art, nämlich: 1. Schläuche, in deren Innern sich, wie bei den Flechten, die Sporen durch freie Zellenbildung entwickeln und durch eine Oeffnung oder durch Auflösung des Schlauches entlassen werden. Diese Art der Sporenschläuche wird **Asci**, ihre Sporen aber werden **Thecasporen** genannt. (Helvella Taf. I. 30, Tuber cibarium I. 23—30) oder 2. Schläuche, welche aus ihrem freien Ende

---

Ders., Morphologische Betrachtungen über das Sporangium der Gefäfskryptogamen. 1837. Beide in v. Mohls vermischten Schriften.
Mettenius, Fortpflanzung der Gefäfskryptogamen. Mettenius Beiträge 1850.
Meyen, Pflanzenphysiologie. Band III.
Nägeli, Systematische Uebersicht der Erscheinungsweise im Pflanzenreich. Freiburg 1853. — Ders., Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik.
Payer, Botanique cryptogamique. Paris 1850.
Radlkofer, Der Befruchtungsprocefs im Pflanzenreich. Leipzig 1857.
Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik.
Thuret, Les zoospores des Alges et les anthéridies des cryptogames. Annal. des sciences. 1851.
Wigand, Zur Antheridienfrage. Bot. Zeitung 1849. p. 809.

eine oder mehrere, häufig vier, Ausstülpungen bilden, in deren jeder eine Spore entsteht, die später durch Abschnürung von dem Schlauche frei wird, den man Basidie und deren Sporen man Acro- oder Stylosporen nennt (Amanita muscaria (Fig. 170), Calocera viscosa (Fig. 171). Aus kleinen Zellen gliederartig zusammengesetzte Fäden,

Fig. 170.

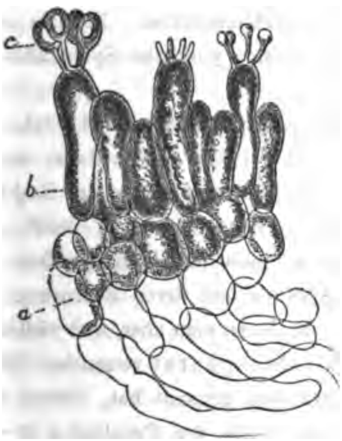
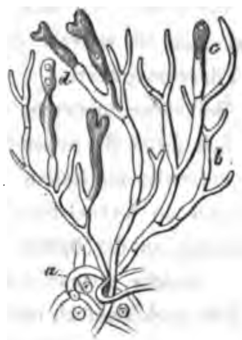


Fig. 171.



welche die Asci umgeben, werden, wie bei den Flechten, Saftfäden (Paraphysen) genannt. Beide Sporenarten keimen. Sie kommen mit einem (Amanita, Agaricus) oder mit zwei (Calocera, Helvella) Zellkernen vor. Bei Helvella und Morchella überziehen die Asci, mit Paraphysen gemengt, die äufsere Oberfläche des Hutes, bei Amanita und den Agaricus-Arten erscheinen dagegen die Basidien auf den Lamellen an der unteren Seite des Hutes.

Die auf lebenden Pflanzen schmarotzenden Pilze bilden ihre wahren Fructificationen, wie es scheint, nur an der freien Oberfläche, während bei ihnen das Pilzlager (Mycelium) das Gewebe der Nährpflanze

Fig. 170. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtlamelle des Fliegenschwammes (Amanita muscaria). *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen, *b* ein Sporenschlauch (Basidia), *c* vier Sporen kurz vor der Ablösung von ihrem Sporenschlauch. (400mal vergröfsert.)

Fig. 171. Partie eines sehr zarten Querschnittes durch die Randgegend von Calocera viscosa, mit der Nadel etwas auseinander gezogen. *a* und *b* Zellen des Fadengewebes, *c* und *d* Basidien, *d* mit Abschnürung der Spore. (400mal vergröfsert.)

oftmals nach allen Richtungen hin durchzieht. — Nach den Arten erscheint nun die Fructification der Pilze in kleinen Schüsselchen (Perithecien), welche oftmals noch von einer aus zierlich porösen Zellen gebildeten Wand becherartig umfaſst werden (bei dem die Kieferwälder heimsuchenden und aus der Rinde hervorbrechenden Aecidium pini, desgleichen bei dem Aecidium columnare auf der Tannennadel)[1]), oder sie bildet unregelmäſsige, nirgends scharf umgrenzte Flächen oder Rasen, wie bei Penicillium und den meisten Schimmelarten. Niemals aber findet man im Gewebe der Nährpflanze eine wirkliche Sporenbildung des Pilzschmarotzers.

Bei vielen niederen, meistens parasitiscen Pilzen, sind jetzt, namentlich durch die neueren Arbeiten von Tulasne und de Bary, auſser den entweder im Innern der Asci oder auf der Spitze der Basidien entstandenen keimfähigen Sporen, noch viel kleinere, durch Abschnürung an der Spitze zarter Fäden, freiwerdende Körperchen bekannt, welche niemals zu keimen scheinen und deren Bedeutung für den Pilz noch ziemlich räthselhaft ist, in denen man aber, und vielleicht mit Recht, den männlichen Geschlechtsapparat vermuthet. Diese kleinen Körper, welche man Spermatien genannt hat, bilden sich entweder in besonderen Organen, die gleich den Perithecien in das Pilzlager eingesenkte, mehr oder weniger tiefe, Höhlungen darstellen, deren Wandung mit zarten Fäden ausgekleidet ist, die zum Theil an ihrer Spitze die Spermatien abschnüren (bei Aecidium, Uredo und Tremella Taf. VI. Fig. 5), oder es kommen ähnliche und zwar häufig baumartig verzweigte, sehr zarte Zellenfäden im Fruchtlager zwischen den Sporenschläuchen (bei Bulgaria und Peziza) (Taf. VI. Fig. 4) oder am Rande des Peritheciums (bei Cenangium und Dermatea) vor, welche durch Abschnürung ähnliche Körperchen bilden[2]). Diese Spermatien, deren Keimung bisjetzt, trotz aller Versuche, nicht beobachtet ist, sind, eine lebhafte Molecularbewegung abgerechnet, unbeweglich. — Wenn sie, wie bei Aecidium und Uredo, für sich in besonderen Organen vorkommen, so hat man diese Organe Spermogonien genannt. Dieselben finden sich nun häufig mit den Perithecien auf demselben Pilzlager, oder sie kommen bei den Pilzen, welche auf Blättern nisten, dem Perithecium gegenüber an der anderen Seite des Blattes vor. So

---

[1]) de Bary giebt in seinem Buche über die Brandpilze (Taf. VIII. Fig. 1.) eine sehr gute Abbildung des Peritheciums von Aecidium grossulariae.

[2]) Tulasne, Annal. d. sciences 3e Série. Tom. XX. pl. 15 et 16.

bilden sich nach Tulasne an Blättern auf der entgegengesetzten Seite des Fleckens, welchen Roestellia cancellata, Centridium Sorbi, C. Cydoniae u. s. w. trägt, constant punktförmige Gebilde, welche sich, wie Aecidiolum exanthematum, als die Spermogonien jener Brandpilze ausweisen, während nach de Bary[1]) bei Aecidium Euphorbiae die Perithecien gleichzeitig neben den Spermogonien auf derselben Seite, bei Aecidium grossulariae aber beide, sowohl nebeneinander auf derselben Seite, als auch sich gegenüberliegend, vorkommen.

Die Spermogonien, welche man zum Theil schon früher kannte, wurden bisher für besondere, auf dem Mycelium des anderen Pilzes schmarotzende Pilze gehalten; nur Meyen[2]) nannte die Spermogonien der Aecidium-Arten schon männliche Aecidiumpusteln, Tulasne hat dagegen zuerst den innigen Zusammenhang derselben mit dem Sporen tragenden Pilze nachgewiesen und durch das Vorkommen ähnlicher, durch Abschnürung Spermatien bildender Fäden zwischen den Sporenschläuchen anderer Pilze sichergestellt.

Auf dem Mycelium eines Hutpilzes (Agaricus metatus) hat nun auch Hofmann[3]) ein aus büschelig angeordneten Zellenfäden bestehendes Gebilde gefunden, von welchem sich durch Abschnürung kleine 0mm,004 lange und 0mm,002 breite Körperchen trennen, die im Wasser Molecularbewegung zeigen, welche durch Jodwasser und Alcohol gehemmt wurde und die weder im Wasser, noch in feuchter Luft keimen wollten. Derselbe Forscher hat gleichfalls bei einem Fadenpilz (Trichothecium roseum), der zu den Schimmelarten gehört, an besonderen, meistens verzweigten, Stielen kleine Köpfchen gefunden, welche aus vielen sehr kleinen, $\frac{1}{800}$ L. langen, durch Abschnürung freiwerdenden, Körperchen bestehen, welche er sammt den ähnlichen Körperchen des Agaricus Spermatien nennt, ohne sich jedoch über deren Bedeutung für die Pflanze zu erklären.

Wir wissen demnach zur Zeit nur, daſs bei vielen Pilzen sehr kleine, durch Abschnürung entstandene Körperchen, die Spermatien, vorkommen, welche viel kleiner als die eigentlichen Sporen sind und deren Keimung niemals beobachtet wurde, und schlieſsen aus diesem Umstand, sowie aus dem, wie es scheint, con-

---

1) de Bary, Brandpilze. Taf. V. Fig. 4. — Taf. V. Fig. 8.

2) Meyen, Pflanzenpathologie. p. 143.

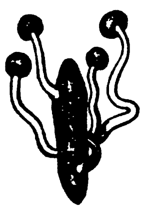
3) Hofmann, die Spermatien und Pollinarien bei Agaricus. Bot. Zeit. 1856. p. 137. — Ders., Spermatien eines Fadenpilzes. Bot. Zeit. 1854. p. 249.

stanten Auftreten derselben entweder vor oder gleichzeitig mit einer bestimmten keimfähigen Sporenart, dafs sie in einer geschlechtlichen Beziehung entweder zur Sporenbildung oder zur Keimung der Spore stehen. Ob dieser Schlufs aber richtig ist und ob die Spermatien allen Pilzen eigen sind, können erst weitere Beobachtungen entscheiden.

Bei vielen niederen Pilzen ist aufserdem ein Dimorphismus der wirklichen Fortpflanzungsorgane nachgewiesen, allein nicht überall ist die Beobachtung von gleicher Sicherheit, weil in den meisten Fällen das Fadengewebe des einen Pilzes dem des anderen durchaus ähnlich ist, so dafs sich schwer entscheiden läfst, ob das gleichzeitige oder nach einander erfolgende Auftreten zweier von einander verschiedener Fructificationsformen darum sogleich einen Dimorphismus, d. h. die Fähigkeit desselben Pilzes in zweierlei Gestalt aufzutreten, beweist, weil möglicherweise auch zwei verschiedene Pilze gleichzeitig oder nach einander auftreten können. Da es aber bei den Fadenpilzen vielfach gelingt, an demselben Faden zweierlei keimfähige Fortpflanzungszellen nachzuweisen, so ist dadurch wenigstens der Dimorphismus der Fructificationsorgane für gewisse Pilze festgestellt, und darf man aus dem constanten, und immer in derselben Weise wiederkehrenden, Auftreten verschiedener Fructificationsformen wohl mit Tulasne auch für diejenigen Pilze, z. B. die Uredineen, wo bis jetzt ein directer, unumstöfslicher Beweis mangelt, jedoch, wie mir scheint, immer mit einiger Vorsicht, einen Dimorspismus annehmen, während man daraus bisher nur eine bestimmte, durch unbekannte Ursachen bedingte, Aufeinanderfolge mehrerer in sich abgeschlossener Pilze erblickte. So sollen nach Tulasne Puccinia graminis und P. coronata, welche hauptsächlich den schwarzen Rost des Getreides bilden, zu Uredo linearis Pers. und Uredo Rubigo vera DC., welche im Frühjahr als rother Rost der Graspflanzen auftreten, gehören. Sphaeria Laburni soll nach ihm mit dreierlei Fructificationsformen erscheinen, nämlich 1. mit Thecasporen als eigentliche Sphaerie, 2. mit Stylosporen, welche der ersten Sporenart ähnlich sind, als Sporocadus, 3. mit viel kleineren, sehr zarten, aber gleichfalls durch Abschnürung entstandenen Sporen, als Cytispora. Das Mutterkorn aber entsteht nach Tulasne's neuesten Untersuchungen durch ein feinwolliges Pilzgewebe, welches von unten herauf den Fruchtknoten der Grasblüthe überzieht und sich von demselben nährt. Dieser wollige Ueberzug, ein Pilz-Mycelium, ist voller

Höhlungen, welche mit kurzen Fäden ausgekleidet sind, die an ihrer Spitze kurze elliptische Körper abschnüren, welche, in Wasser gelegt, Schläuche treiben und sich vermehren. Leveillé bezeichnete dieses Entwickelungsstadium als Sphacelia und Corda nannte es Hymenula, Tulasne dagegen erblickt in demselben den ersten Entwickelungszustand eines, Spermatien bildenden, Pilz-Myceliums, aus dem sich, nach Verstäubung der Spermatien[1]), eine zweite viel dichtere Myceliumform entwickelt, welche das eigentliche Mutterkorn darstellt, und als solches überwintert, um im darauf folgenden Frühjahre den vollkommenen Pilz hervorzubringen, der als kleines gestieltes, höckerig-rothes Knöpfchen aus dem Mutterkorn hervorbricht und von Tulasne als eine neue Gattung (Claviceps) beschrieben wurde (Fig. 172). Das Knöpfchen dieses Pilzes ist an seiner Oberfläche mit zahlreichen, tief eingesenkten, flaschenförmigen Höhlungen versehen, welche lange zarte, an der Spitze etwas verdickte, Sporenschläuche (Asci) mit 8 oder weniger langen fadenförmigen Sporen umschliefsen. — Der Schmierbrand (Tilletia Caries) und ein anderer Pilz (Ergotea abortivans Queckett), den Queckett als die Ursache des Mutterkorns ansah, sind nach Tulasne nur zufällige Begleiter der Claviceps, welche beim Mutterkorn des Roggens und Weizens als Claviceps purpurea, bei Phragmites communis Trin. und Molinia coerulea Moench dagegen als Claviceps microcephala u. s. w. auftritt. — Das constante Erscheinen des als Claviceps beschriebenen Pilzes auf und aus dem Mutterkorn ist bereits durch wiederholte Versuche von A. Braun und Anderen bestätigt worden. Wir haben danach im Mutterkorn mehrere auf einander folgende, unter sich verschiedene, Entwickelungszustände desselben Pilzes, dessen Lebenscyclus mit der Bildung der Claviceps abgeschlossen ist.

Fig. 172.



Auch für den Traubenpilz und die ihm verwandten Pilzformen ist durch Amici, v. Mohl, Tulasne und Andere der Dimorphismus festgestellt. Es hat sich dabei überhaupt gezeigt, dafs die als Oidium

Fig. 172. Die aus dem Mutterkern hervorwachsende Claviceps nach Tulasnes Abbildung.

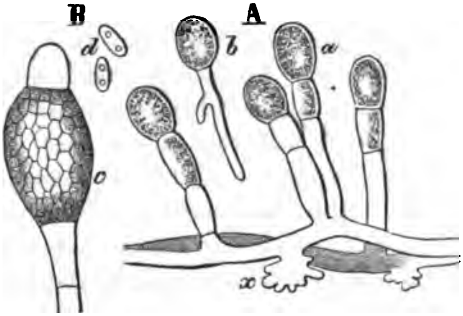
---

[1]) Die beobachtete Keimung der kleinen elliptischen Körperchen scheint mir mit den bisher für die Spermatien aufgestellten Charakteren nicht vereinbar zu sein.

viel verbreiteten Pilzformen keine in sich abgeschlossene Gattung bilden, vielmehr nur bestimmte, oft durch locale Verhältnisse hervorgerufene, Entwickelungszustände eines anderen Pilzes sind, der sich bald mit einer Erysiphefrucht, deren eigenthümliche Entwickelungsgeschichte aus sich aufrollenden Schläuchen des Myceliums de Bary nachgewiesen, bald aber auch mit der als Cicinobolus-Frucht bekannten Fructification erscheint. Bei dem Traubenpilz, den man Oidium Tuckeri nennt, erfolgt nach v. Mohl die Bildung der Cicinobus-Frucht erst im August und zwar nur an sehr üppig vegetirenden Stellen des Myceliums auf der befallenen Weinbeere. Auf Madeira, wo schon gegen Ende des Juni die erkrankten Beeren vollständig vertrocknet sind, ist mit ihnen auch der Traubenpilz gestorben, und scheint die Cicinobolus-Frucht vielleicht deshalb hier nicht vorzukommen, zum wenigsten habe ich sie niemals auf der erkrankten Beere angetroffen. Dagegen waren meine Objectgläser, auf denen ich Pflanzenpräparate in feuchter Atmosphäre bewahrte, im Sommer häufig mit keimenden Pilzsporen von Gröfse und Gestalt der sich ablösenden Oidium-Zellen bedeckt, welche nicht selten nach einigen Tagen Cincinobolus-Früchte in Menge ausbildeten, von denen ich jedoch nicht wissen konnte, ob sie wirklich dem Traubenpilze angehörten.

Fig. 173.

B A

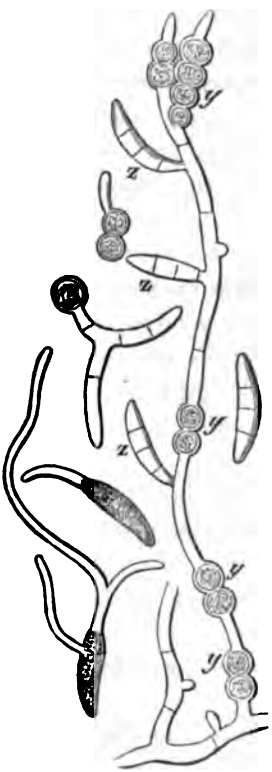


Nach v. Mohl findet man nun bei dem Oidium, das auf dem Hopfen schmarotzert, in der einen Gegend nur die Cincinobolus-, in der anderen dagegen nur die Erysiphe-Frucht. Die letztere aber kann sich auch im Innern eines geschlossenen Gewebes ausbilden, wie ich bei einem auf Orobanche ramosa schmarotzernden Pilz beobachtet habe. Alle Parenchymzellen des Stengels und der Wurzel, welche von diesem

Fig. 173. Der Traubenpilz. *A* Unter der Form des Oidium Tuckeri, wie ich denselben auf Madeira beobachtet habe, *a* die sich ablösenden Oidium-Sporen, *x* das Haftorgan des Pilzes, *b* eine keimende Oidium-Spore. *B*, *c* Die Cicinobolus-Frucht des Traubenpilzes nach v. Mohls Abbildung copirt, *d* die Sporen derselben. (*A* ist 400mal, *B* 450mal vergröfsert.)

Pilz occupirt waren, hatten sich um das 4 — 6 fache ihrer normalen Gröfse ausgedehnt und so knollenartige Anschwellungen hervorgerufen. Im Pilzmycelium, welches diese Zellen, deren Stärkmehl verschwunden war, ausfüllte, lagen zahlreiche Erysiphe-Früchte (auch Erotiumkugeln genannt) eingebettet. Ein dem Verticillium oder Monosporium ähnlicher Fadenpilz keimte später aus diesen Kugeln hervor. Das Oidium violaceum Hartig endlich, welches bei langsamem Abtrocknen an der Oberfläche sehr nafsfauler Kartoffelknollen entsteht und dessen Fäden in die Stärkmehlkörner hineinwachsen und dieselben verzehren (Bd. 1. Fig. 80. p. 414), bildet nach meinen Beobachtungen nicht selten auf demselben Myceliumfaden die mehrzelligen etwas gekrümmten Früchte der als Fusisporium Solani von Mart beschriebenen Pilzform, welche sammt den kugeligen Oidiumzellen in feuchter Atmosphäre bald zur Keimung gelangen (Fig. 174). Ja nach Speerschneider soll sogar der Pilz auf dem Kartoffelblatte, die Peronospora devastatrix das Fusisporium Solani der nafsfaulen Kartoffelknolle erzeugen, wofür indefs, wie mir scheint, noch hinreichende Beweise fehlen. Dagegen hat Caspary [1]) das Vorkommen von 2 ja sogar von 3, verschiedenen Fruchtformen an demselben Faden bei anderen Fusisporium und Peronospora-Arten nachgewiesen und de Bary ähnliche Beobachtungen gemacht.

Fig. 174.



Nach den Untersuchungen von Bail sind endlich auch die Hefenpilze keine in sich abgeschlossene Pflanzen, sondern nur sterile Pilzfäden. Derselbe fand nämlich, dafs die Fortpflanzungszellen vieler

Fig. 174. Ein Pilzfaden aus der nafsfaulen Kartoffelknolle, welcher sowohl die kugeligen einzelligen Sporen des Oidium violaceum (*y*), als auch die mehrzelligen länglichen Sporen des Furisporium Solani (*z*) entwickelt hat, welche beide sehr leicht keimen. (Vergröfserung 400 mal.)

[1]) Caspary, in den Monatsberichten der Berliner Akademie. 1855.

Pilze in Würze gebracht zu Hefenzellgruppen auskeimen, jedoch gelang es ihm nicht, die Hefenzellen durch veränderte Lebensweise wieder in höhere Pilzformen überzuführen. Auch die als Rhizomorpha bekannten Gebilde sind nach BAIL und CASPARY, wie man lange vermuthet hatte[1]), nur sterile Formen verschiedener Pilze. BAIL fand die Rhizomorpha subcorticalis mit reifen Früchten von Hypoxylon vulgare und nach CASPARY soll die Rhizomorpha subcorticalis der Kiefer mit den Früchten des Trametes Pini vorkommen, auch vermuthet derselbe, dafs Polyporus- und Agaricus-Arten Rhizomorphen bilden können.

Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnifs vom Bau und Leben der Pilze läfst sich nun, so lange man nicht den vollständigen Entwickelungs-Cyclus einer Pflanze kennt, kaum eine sichere Bestimmung derselben vornehmen, man kann vielmehr, wie es jetzt auch meistens geschieht, nur die einzelnen Fruchtformen beschreiben und vielleicht noch aus der Analogie mit vollständigen Beobachtungen die Stellung des Pilzes erschliefsen. Das Vorkommen mehrerer Arten von Fortpflanzungszellen und die gänzliche Unkenntnifs über den muthmafslich vorhandenen Befruchtungsvorgang macht gleichfalls eine richtige Bezeichnung der Fortpflanzungszellen nach ihrem Werthe unmöglich. Nun unterscheidet man zwar mit TULASNE

1. Thecasporen, welche im Innern eines Schlauches entstehen und durch eine Oeffnung oder durch Auflösung des Schlauches entlassen werden;

2. Stylosporen, welche sich durch Abschnürung auf der Spitze der Basidien bilden;

3. Spermatien, viel kleinere durch Abschnürung entstandene Körperchen, welche nicht keimen;

4. Gonidien, oder Zellen, welche sich direct vom Pilzlager ablösen und wie die Brutzellen der Lebermoose ein neues Pflanzenexemplar bilden können. Allein es ist in vielen Fällen schwierig zu entscheiden, was Sporen und was Gonidien sind, die keimfähigen Zellen aber, welche die Erysiphe-Frucht umschliefst, passen in keine dieser Abtheilungen. Auch hält der Eine die durch Abschnürung freiwerdenden Zellen der Gährungspilze für Sporen, während der Andere sie als Brutzellen betrachtet, desgleichen werden die sich ablösenden Zellen des Oidium von Einigen für Sporen, von Anderen dagegen für

---

1) Meine Pflanzenzelle. p. 151.

Brutzellen gehalten. Die wirkliche Bedeutung der Spermatien aber ist noch gänzlich unbekannt.

Die Formen der Theca- und Stylosporen sind sehr mannigfach; manche haben nur eine äufserst zarte, kaum nachweisbare Aufsenschicht (Amanita, Agaricus), andere dagegen besitzen, gleich den Pollenkörnern der Phanerogamen, eine sehr derbe, oft mit zierlichen Hervorragungen und Leisten (Aecidium, Tuber cibarium) (Taf. I. Fig. 26—30) besetzte Aufsenschicht, welche der Einwirkung der Schwefelsäure lange widersteht, dagegen in der Regel in kochender Kalilösung verschwindet (Bd. I. p. 72) und die beim Keimen durchbrochen wird. Bei der Peronospora, dem Pilz des kranken Kartoffelblattes, besteht die äufsere Sporenhülle, gleich den Myceliumfäden, aus Zellstoff, der durch Jod- und Schwefelsäure blau gefärbt wird, und bei Amylospora tremelloides Currey wird die kugelige Pilzspore, die einen grofsen hellen Kern umschliefst, schon durch Jodlösung blau gefärbt, während die Myceliumfäden diese Färbung nicht annehmen[1]. — Die Thecasporen sind häufig mehrzellig.

Die Sporenfrüchte (Sporangien) der einfacheren Pilze, z. B. der Mucor-Arten und selbst die einzige kugelige Endzelle des Pilobolus, lassen sich im Allgemeinen wohl als Asci auffassen, indem auch hier die Sporen im Innern einer Zelle entstehen und später frei werden. Die gestielten Phragmidium- und Puccinia-Früchte (Taf. VI. Fig. 6) aber, welche auch häufig mehrzellige Sporen genannt werden, lassen sich, da ihre Sporen nicht frei werden, kaum noch als Asci betrachten, es ist überhaupt zur Zeit nicht möglich die zum Theil erst mangelhaft bekannten Fruchtformen der Pilze übersichtlich einzutheilen und zu beschreiben, ich mufs deshalb hierfür auf die speciellen Arbeiten, insbesondere der neueren Forscher, verweisen.

Viele Pilze streuen ihre Sporen plötzlich und gewaltsam aus, was namentlich nach Pringsheims Beobachtung für Sphaeria Seirpi in eigenthümlicher Weise erfolgt, indem hier jeder Sporenschlauch, welcher 8 mehrzellige Sporen enthält, an seiner Spitze aufreifst, während aus der entstandenen Oeffnung ein innerer sehr zarter Schlauch, der sich

[1]) Herr Currey hatte die Güte mir einige Exemplare dieses von ihm entdeckten und benannten Pilzes mitzutheilen. Bei Zusatz von Jodlösung färbt sich auch die Flüssigkeit um die schön dunkelblau gewordenen Sporen blau. Hofmann hat dagegen bei einer Peziza vesicularis an dem oberen Theil der Sporenschläuche eine blaue Färbung durch Jodlösung beobachtet. Bot. Zeitung 1856. p. 158.

in wenigen Secunden um das Dreifache der Länge des ursprünglichen Schlauches ausdehnt, hervortritt, aus dessen Spitze alsdann die Sporen einzeln nach einander hervorgeschleudert werden. Bei Pilobolus crystallinus trennt sich dagegen nach Cohn das, einem Sporenschlauch entsprechende, Sporangium von seiner Stielzelle um mit ziemlich bedeutender Gewalt weit hinweggeschleudert zu werden.

Die Keimung der meisten Pilze ist sehr einfach und leicht zu beobachten, sie keimen in der Regel auf der Glastafel in feuchter, mäſsig warmer Luft sehr bald, nicht selten schon nach wenig Stunden. Aus der einzelligen Spore tritt meistens nur ein Schlauch hervor, während bei den mehrzelligen Sporen in der Regel aus jeder Zelle ein Schlauch hervorbricht. Aus diesen Keimschläuchen bildet sich nun in der Regel unmittelbar das Mycelium, welches früher oder später in der ihm vorgeschriebenen Weise die Fortpflanzungszellen entwickelt; bei den Uredineen dagegen erzeugen nach Tulasne und Currey die aus der Spore hervortretenden, aus Zellen bestehenden Keimschläuche durch Abschnürung secundäre Sporen (Taf. VI. Fig. 6); allein es ist noch fraglich, ob diese Erscheinung normal ist, oder ob sie durch die veränderte Lebensweise (die Keimung in Wasser) veranlaſst wurde. Die haarförmigen secundären Sporen der Tilletia vereinigen sich je zwei durch Copulation.

Aus dem Mycelium nun, das bei dem einen Pilz fast so aussieht wie bei dem andern, bilden sich darauf allmälig, nach der Art des vorhandenen Pilzes, die höheren oder niederen Formen mit den ihnen eigenthümlichen Fructificationen, doch hat, so viel mir bekannt ist, noch Niemand die Entwickelungsgeschichte eines Pilzes der höher organisirten Art, z. B. eines Bauch- oder Hutpilzes verfolgt, wir wissen darum nicht, ob, wie wahrscheinlich, schon eine einzige Spore zur Bildung eines vollkommenen Hutpilzes genügt, oder ob das Mycelium, aus dem, wie durch Rossmann und Andere bekannt ist, die einzelnen Hutpilze hervorgehen, nur aus mehreren oder vielen Sporen entstehen kann. Ich glaube, daſs man hier das Mycelium mit dem Laube einer Marchantia vergleichen darf, auf welchem Knospen entstehen, aus denen der Fruchtstand hervorgeht, denn etwas anderes als ein Fruchtstand ist doch einmal der Hut des Pilzes nicht, will damit aber keineswegs das Mycelium als einen wahren Stamm und die Anfänge des Pilzhutes als wahre Knospen ansprechen. Ich glaube ferner, daſs viele Sporen in einer gegebenen Zeit ein weit verbreitetes Mycelium, wenig

Sporen dagegen nur ein kleines Pilzlager bilden werden, und dafs sich nach der Mächtigkeit des letzteren, nicht aber nach der Zahl der Sporen, aus denen es entstanden ist, die Zahl der auf ihm erscheinenden Fruchtstände (Hutpilze) richten wird.

Ob es einzellige Pilze giebt, wie einzellige Algen sicher bekannt sind, ist durch Bail sehr zweifelhaft geworden; wenn nämlich der Gährungspilz keine selbstständige, in sich abgeschlossene Pflanze, sondern nur die sterile Form eines Pilzes ist, so läfst sich auch vermuthen, dafs andere ihm ähnliche einzellige Pilzorganismen, z. B. die, ihrem wahren Verhältnifs nach, so gut wie gar nicht näher bekannten Aethalium-Arten (Bd. 1. p. 159) ebenfalls nur bestimmte Zustände eines mehrere Phasen durchlaufenden Pilzes sind. Der Pilobolus crystallinus dagegen ist nach Cohn eine typisch dreizellige Pflanze, welche aus drei, auch ihrem Werthe nach verschiedenen, Zellen besteht. Die untere, als Haftorgan dienende, mehrfach verzweigte Wurzelzelle, trägt eine mittlere, die Stielzelle, und auf dieser bildet sich eine obere Zelle, die zum Sporangium wird. Jede dieser drei Zellen hat hier eine andere Bedeutung. Die Stielzelle durchläuft in einem Tage ihre ganze Entwickelung, die Wurzelzelle dagegen ist ausdauernd, sie entwickelt durch Aussackung von Neuem Stiel- und Fruchtzellen.

»Selbst die niedrigsten Pilze scheinen nicht spontan zu entstehen. Neubildung von Hefe ohne Hefenzusatz erfolgt in der Würze nur, wenn der atmosphärischen Luft Zutritt zu derselben gestattet wird; in diesem Falle bleibt sie aber niemals aus. Es beginnt dann meistens der von unseren Brauern als wilde Gährung bezeichnete Procefs[1]).« — In der Luft suspendirte Pilzkeime sind danach die Erzeuger der Hefenzellen. Da nun auch Cienkowski die von ihm mitgetheilte höchst merkwürdige Thatsache, dafs innerhalb einer um das Stärkmehlkorn entstandenen Hülle sich auf Kosten des letzteren bewegliche Schwärmsporen in Menge bilden und austreten[2]), dadurch erklärt hat, dafs die zuerst um das Stärkmehlkorn entstandene Hülle durch eine Schwärmspore, welche, gewissermafsen zerfliefsend, das Stärkekorn in sich aufnimmt, entsteht, wonach die im Innern dieser Hülle entstandenen Schwärmsporen nicht unmittelbar aus dem Stärkmehlkorn hervorgegangen, sondern gewisser-

---

1) Bail in der Flora. 1857. p. 421.

2) Cienkowski, zur Genesis eines einzelligen Organismus. 1856. — Derselbe, Ueber meinen Beweis für die Generatio primaria. 1856. Beide Aufsätze in den Mélanges biologiques. Tom. II.

massen nur die Kinder jener ersten Schwärmspore sind, so hat mit dieser interessanten Beobachtung auch die Lehre von der Generatio spontanea in der Wissenschaft wieder allen Boden verloren.

Schon vor Jahren (1843) habe ich auf die Reduction des Quecksilberchlorürs (Calomel) durch einen Schimmelpilz aufmerksam gemacht, an dessen Fäden überall kleine Quecksilbertropfen hingen. Nach Traube's neuesten Untersuchungen wirkt nun auch die Hefe stark desoxydirend. Ein von mir leider nicht näher untersuchter Schmarotzerpilz, welcher sich auf den jungen Blättern von Prunus avium angesiedelt und eine Kräuselung der von ihm befallenen Blätter veranlasst hatte, machte sich mir durch den sehr intensiven specifischen Bittermandelölgeruch bemerkbar, während die gesunden Blätter geruchlos waren. Es scheint danach als ob die Pilze einen sehr bestimmten chemischen Einfluss auf ihre unmittelbare Umgebung ausüben[1]), ja es scheint sogar, als wenn die chemische Action mit den verschiedenen Entwickelungsformen desselben Pilzes sich ändern könne, denn nur die Oïdiumform des in der nassfaulen Kartoffelknolle vorkommenden Fadenpilzes greift direct die Stärkmehlkörner an, sich Wege in dieselben bahnend (Fig. 175), während die Fusisporium-Form desselben Pilzes niemals direct das Stärkmehlkorn verzehrt. Dass aber die Gegenwart eines Schmarotzerpilzes das Leben der Pflanzenzelle, in welcher er wuchert, wesentlich verändern kann, zeigt schon die übermässige Vergrösserung der von ihm occupirten Parenchymzellen bei Orobanche ramosa (p. 190) neben anderen nicht vom Pilz ergriffenen Zellen, welche ihre Stärkemehlkörner und ihre normale Grösse behalten haben. Die Schmarotzerpilze werden demnach wahrscheinlich nicht allein durch Saftentziehung der Nährpflanze schädlich, sie wirken vielmehr auch chemisch verändernd auf ihre nächste Umgebung. Die Gährungspilze sind die niemals fehlenden Begleiter der Gährung[2]).

Fig. 175.



Fig. 175. Ein von Pilzfäden (Oïdium violaceum) angefressenes Stärkmehlkorn der nassfaulen Kartoffel. (200 mal vergrössert.)

[1]) Der Pilz musste hier gleich dem Emulsin eine Zersetzung des im Blatte vorhandenen Amygdalins bewirkt haben.

[2]) Zur Literatur über die Pilze:

de Bary, die Brandpilze. Berlin 1853. — Ders., Entwickelung und Zusammenhang des Aspargillus glaucus mit Erotium. Bot. Zeit. 1854.

Bonorden, Handbuch der allgemeinen Mykologie. Stuttgart 1851. — Ders., Entwickelung und Bau der Spumaria alba. Bot. Zeit. 1848. — Ders., über

Die Flechten (lichenes) müfsten eigentlich mit den Pilzen vereinigt werden, denn es giebt kein durchgreifendes Merkmal, um sie zu unterscheiden. Selbst die von Schleiden vorgeschlagene Unter-

---

verschiedene Pilzarten. Bot. Zeit. 1847. — Ders., Mykologische Beobachtungen. Bot. Zeit. 1851.
Bail, Was ist Rhizomorpha? Bot. Zeit. 1856. — Ders., über Hefe. Flora 1857. — Ders., Mykologische Berichte. Bot. Zeit. 1855.
Braun, A., der Spelzenrost des Roggens. Bot. Zeit. 1846. — Ders., Bestätigung der Versuche von Tulasne über das Mutterkorn. Bot. Zeit. 1854. — Ders. mit Caspary, Ueber einige neue Krankheiten der Pflanze. Berlin 1854.
Caspary, Kartoffelkrankheit. Bot. Zeit. 1855 u. 1857. — Ders., die Rhizomorphen. Bot. Zeit. 1856. — Ders., Ueber zweierlei und dreierlei Früchte einer Schimmelpflanze. Monatsbericht der B. Akademie. 1856.
Cohn, Entwickelungsgeschichte des Pilobolus crystallinus. Acta L. C. 1851.
Currey, F., a new species of Peziza. Linn. Society 1857. — Ders., Structure and physiologie of certain fungi. Microscop journal V. — Ders., Spiral threads of the genus trichia. Microscop journal III. — Ders., Two new fungi. Microscop journal II. — Ders., Reproductive organs of certain fungi etc.
Focke, die Krankheit der Kartoffeln. Bremen 1846.
Harting, Recherches sur la maladie de pommes de terre. Amsterdam 1846.
Hoffmann, Spermatien eines Fadenpilzes. Bot. Zeit. 1854. — Ders., Spermatien und Pollinarien bei Agaricus. Bot. Zeit. 1856.
v. Holle, über den Kartoffelpilz. Bot. Zeit. 1858.
Küchenmeister, die an dem Körper des Menschen vorkommenden pflanzlichen Parasyten. Leipzig 1855.
Kuhn, das Befallen des Rapses. Bot. Zeit. 1856.
Leidig, Flora and Fauna, within living animals. Smithonian Institution. Washington 1853.
v. Martius, die Kartoffelepidemie. München 1842.
v. Mohl, die Traubenkrankheit. Bot. Zeit. 1852, 1853 u. 1854. — Ders., die Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter durch Septoria mori. Bot. Zeit. 1854.
Montagne, zur Organographie und Physiologie der Schwämme. Prag 1844.
Münter, die Krankheit der Kartoffel. Berlin 1846.
Payer, Botanique cryptogamique. Paris 1850.
Pringsheim, das Austreten der Sporen von Sphaeria Scirpi aus ihrem Schlauche. Pringsheims Journal Bd. I.
Rossmann, Entwickelungsgeschichte des Phallus impudicus. Bot. Zeit. 1853.
Schacht, Reduction des Calomel durch Pilzbildung. Wackenroders Archiv der Pharmacie 1843, Bot. Zeit. 1844. p. 238. — Ders., Pilzfäden im Innern der Zellen und des Stärkmehlkorns. Monatsbericht der Berl. Akademie 1854. — Ders., die Kartoffelpflanze und ihre Krankheiten. Berlin 1856. — Ders., über die Weinkrankheit in seinem Bericht über Madeira und Tenerife. Berlin 1858.
Schmitz, F., Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Schwämme. Linnaea 1843.
Speerschneider, die Ursache der Erkrankung der Kartoffelknolle. Bot. Zeit. 1857.
Tulasne, Nouvelles Recherches sur l'appareil reproducteur des champignons. Annal des sciences 1853. — Ders., de organis apud Discomycetes propagationi inservientibus. — Ders., Quaedam de Erysiphis animadversionibus. Bot. Zeit. 1853. — Ders., Second mémoire sur les Uredinées et Ustilaginées. Annal des sciences 1854. — Ders., Observations sur l'organisation de Trémellinées. Annal. des sciences 1853. — Ders., Mémoire sur l'ergot des glamacees. Annal. des sciences 1853. — Ders., sur le champignon qui cause la maladie de vigne. Compt rendus. 1853.
Unger, Pilz auf Nadelhölzern beobachtet. Bot. Zeit. 1847. — Ders., zur Kenntnifs der bei der Kartoffelkrankheit vorkommenden Pilze. Bot. Zeit. 1847.

scheidung, nach welcher alle Gebilde mit Basidien Pilze, alle mit Asci versehenen Organismen dagegen Flechten sein sollten, ist, durch die neueren Untersuchungen über den Dimorphismus unhaltbar geworden. Das Mutterkorn, welches nach seinen Entwickelungsstadien beide Fructificationsformen trägt, mag hier als Beispiel dienen. Ebensowenig aber kann die Vergänglichkeit der Membran bei der Mehrzahl der Pilze und deren Dauerhaftigkeit bei den Flechten ein sicheres Unterscheidungsmerkmal geben, denn die Polyporus-Arten sind sehr dauerhafte Pilze. Auch die Lebensweise giebt kein Kennzeichen ab, denn häufig kommen auf demselben Baume viele Pilze und Flechten nebeneinander vor. Die Flechten aber, so wie sie gegenwärtig aufgefafst werden, bilden nur eine, noch dazu, wie mir scheint, schlecht begrenzte, Gruppe der Pilze und will ich sie hier als solche näher beschreiben.

Die Fortpflanzung der Flechten.

§. 59. Unter allen Abtheilungen des Pflanzenreiches bieten wohl die Flechten, in Betreff ihres Baues, die wenigsten Verschiedenheiten. Ein aus vielfach verzweigten, unter sich verschlungenen Fäden bestehendes Lager (Thallus), dessen Gestalt und Farbe nach den Arten wechselt, trägt die Fruchtorgane, welche auf einem meistens schüsselförmigen Fruchtlager (Apothecium) gesellig nebeneinander stehen. Das Fruchtlager entwickelt sich unter der dichter verfilzten und bei den meisten Arten braun gefärbten und verholzten äufseren Schicht (Rindenschicht) und durchbricht endlich dieselbe (Taf. VI. Fig. 3). Im ausgebildeten Zustande besteht es aus zarten gegliederten Fäden (den Paraphysen oder Saftfäden), zwischen denen keulenförmige Schläuche (Asci) liegen, in welchen sich durch freie Zellenbildung mehrere, bis acht Sporen, bilden (Fig. 176), die später an der Spitze des Schlauches, aus einer Oeffnung entlassen werden (Hagenia ciliaris). Die Sporenschläuche entstehen erst nach den Paraphysen, auch bilden sich fortwährend neue, so dafs ein Fruchtlager in der Regel

Fig. 176.

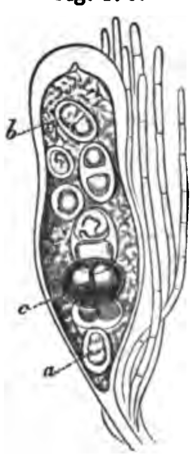


Fig. 176. Der Sporenschlauch einer Flechte (Hagenia ciliaris) von Saftfäden umgeben. *a*, *b* u. *c* Sporen in verschiedener Entwickelung (400 mal vergröfsert) im Innern des Sporenschlauchs.

alle Stadien ihrer Entwickelung, vom ersten Entstehen der Sporenschläuche bis zum Reifen der Sporen in ihnen darbietet. Die Sporenschläuche sowohl als die Saftfäden sind directe Verlängerungen der den Flechten-Thallus bildenden Fäden, welche sich unter dem Fruchtlager in der Regel dichter aneinanderdrängen und inniger verbinden und deshalb oftmals schwieriger zu unterscheiden und zu entwirren sind (Bd. 1. p. 174). Die Sporen selbst bestehen aus 1 (Usnea, Parmelia), 2 (Hagenia I, 33) und mehreren Zellen (Peltigera mit vierzelligen Sporen), welche unbeweglich sind und keimen. Aufserdem kann sich die Flechte noch durch kugelige, mit Chlorophyll erfüllte Zellen (die Gonidien Bd. 1. p. 176), welche nach Bayerhoffer und Speerschneider durch Abschnürung aus dem Fadengewebe entstehen, fortpflanzen, indem auch die Gonidien, wie Speerschneider nachgewiesen, zur Keimung gelangen und gleich der keimenden Sporen ein neues Flechtenlager bilden.

Man kennt danach bei den Flechten bis jetzt nur zweierlei Fortpflanzungszellen, nämlich: 1. Sporen, welche im Innern von Schläuchen entstehen (Thecasporen) und 2. Gonidien oder Brutzellen, welche sich durch Abschnürung aus dem Fadengewebe bilden, beide Arten der Fortpflanzungszellen sind bewegungslos.

Nun kommen aber auch bei den Flechten noch besondere Organe vor, welche den Spermogonien der Pilze ähnlich sind, und wie diese durch Abschnürung auf zarten Zellen entstandene, freie Körperchen entlassen. Genannte Organe erscheinen als kleine Erhebungen oder schwarze Punkte auf dem Flechten-Thallus.

Die schwarzen Punkte auf dem Thallus (Fadenlager) der Flechten, welche Itzigsohn für Antheridien erklärte, während man sie früher bald für parasitische Pilze, bald für verkümmerte Fructificationen ansah, und die schon A. v. Humboldt in seiner Flora fribergensis abgebildet hat, sind nach Tulasne von den wirklichen Antheridien bei den Moosen und Lebermoosen himmelweit verschieden. Auch die Körperchen, welche aus ihnen hervorgehen, sind keine mit beweglichen Wimpern versehene umherschwärmende Gebilde, sondern kleine linienförmige Körper, welche entweder sehr kurz und schwach gebogen oder länger und alsdann stärker gekrümmt sind, und, wie alle kleine Körper, in Wasser zertheilt, Molecularbewegung zeigen. Der Behälter, in welchem sie sich bilden, ist eine in den Flechten-Thallus eingesenkte Höhle, deren Dasein eine kleine Erhebung verräth, oder wenn

sie bereits geöffnet ist, ein schwarzer Punkt bezeichnet. Die Wände dieser Höhle sind mit zarten einfachen oder verästelten Fäden ausgekleidet, die Körperchen aber entstehen einzeln oder zu zwei durch Abschnürung an der Spitze dieser Fäden; seltener bildet sich in der Höhle ein langer Faden, der in eine unbestimmte Zahl kleiner Körperchen zerfällt. Kaum 0mm,001 dick, mifst deren Länge 0mm,003 bis 0mm,030. Tulasne nennt die Behälter Spermogonien, die Körperchen aber Spermatien. Das viel verbreitete und sehr häufige Vorkommen dieser Spermogonien auf dem Thallus der meisten Flechten und der Umstand, dafs bei Verrucaria in dem eigentlichen Sporenlager (Apothecium) zu einer gewissen Periode dieselben Körperchen neben fruchtbaren Sporenschläuchen (Asci) vorkommen, sowie das Auftreten der Spermatien lange vor dem Erscheinen der Sporenschläuche, veranlafst Tulasne, dieselben nicht für parasitische Pilze, vielmehr für zu den Flechten selbst gehörige Organe zu halten. Da sich aber die Spermatien ganz anders als die wirklichen Flechtensporen bilden, so kann Tulasne sie auch nicht für unentwickelte Sporen, ihrer Zartheit halber, aber ebensowenig für abgeschnürte Brutzellen halten; er vermuthet vielmehr, dafs jene Punkte, nach der Ansicht von Itzigsohn, wirklich die männlichen Geschlechtsorgane der Flechten vorstellen. Speerschneider dagegen, der bei Hagenia ciliaris und Parmelia acetabulum dieselben Gebilde studirte, hält sie für abortiv zu Grunde gehende Apothecien-Anfänge, was er durch vollständige Uebergangsstufen dieser Gebilde in Apothecien zu beweisen glaubt. Allein die gleich darauf folgende Bemerkung, dafs zwischen Soredien (Spermogonien T.) und Apothecien ein gewisses wechselndes Verhältnifs stattfinde, so dafs sterile Flechten meistens Soredien in grofser Menge tragen, während reichlich fructificirende Exemplare dieselben oftmals entbehren, scheint mehr für Tulasne's Ansicht zu sprechen. Ich selbst habe vor Jahren die Spermogonien der Hagenia untersucht und sie nach ihrem Bau von den ersten Anfängen eines Apothecium nicht unterscheiden können (Taf. VI. Fig. 1 u. 2); den Flechten, welche sie trugen, fehlten gröfstentheils die ausgebildeten Fruchtlager, der Thallus war mit kleinen schwarzen Punkten dicht übersäet. — Die Spermatien von Parmelia messen nach Speerschneider $\frac{1}{200}$ L. und sind unbeweglich; was ich für dieselben Körper von Hagenia, die Molecularbewegung abgerechnet,

[1]) Speerschneider, Bot. Zeitung 1854. p. 491.

bestätigen mufs. Die Bedeutung der Spermatien für die Flechten ist deshalb noch durchaus unklar und läfst sich bis jetzt nicht entscheiden, ob sie wirklich den Spermatozoïden der Algen entsprechen; dafs sie aber den Spermatien der Pilze analog sind, unterliegt wohl keinem Zweifel. Man hat sie niemals keimen sehen.

Für die Pilze und Flechten ist danach die Frage der geschlechtlichen Zeugung noch nicht entschieden[1]).

Die Fortpflanzung der Algen.

a) Geschlechtliche Fortpflanzung.

§. 60. Während bei den Pilzen und Flechten die Frage über das Geschlecht noch keinesweges abgeschlossen ist, begegnen wir bei den Algen, welche sämmtlich im Wasser leben, und von ihnen aufwärts durch alle Abtheilungen der Kryptogamen, einer Vermehrung durch geschlechtliche Zeugung, ja bei der Abtheilung der Algen ist gerade der Vorgang der letzteren in neuester Zeit, und zwar ganz besonders durch Pringsheim, mit allen seinen Nebenumständen genauer und sicherer bekannt geworden, als wir denselben in irgend einer anderen Abtheilung des Pflanzenreiches kennen. — Bei der Vielgestaltigkeit der Algen ist nun der Zeugungsvorgang, zwar im Princip derselbe, doch in den Formen und in der Art des Vorkommens der Geschlechtsorgane sehr verschieden, auch ist die geschlechtliche Zeugung noch keinesweges für alle Gattungen der Algen bekannt. Aufser ihr ist aber bei dieser Pflanzengruppe auch eine ungeschlechtliche Vermehrung durch meistens bewegliche Sporen und sich ablösende unbewegliche Zellen sehr verbreitet und darf man im Allgemeinen wohl annehmen, dafs den Algen dreierlei Vermehrungsarten eigen sind, nämlich:

1. eine Vermehrung durch geschlechtliche Zeugung;

---

[1]) Zur Literatur über die Flechten und deren Fortpflanzung:

Bayerhoffer, Einiges über Lichenen und deren Befruchtung. Bern 1851. — Ders., Lichenologische Bemerkungen. Bot. Zeit. 1852. p. 241.

Itzigsohn, die Antheridien und Spermatozoen der Flechten. Bot. Zeit. 1850. p. 913. — Ders., Bestätigung der Spermatozoen bei Borrera. Bot. Zeit. 1851. p. 152.

Speerschneider, Entwickelungsgeschichte der Hagenia ciliaris. Bot. Zeit. 1853. — Ders., über Usnea barbata, Parmelia Acetabulum, Hagenia ciliaris. Bot. Zeit. 1854. — Ders., über Ramalina ciliaris und deren Varietäten. Bot. Zeit. 1855. — Ders., über Peltigera scutata. Bot. Zeit. 1857.

Tulasne, sur l'appareil reproducteur dans les Lichens et les champignons. Comptes rendus 1851. Wörtlich übersetzt in der Flora 1852. p. 49.

2. eine Vermehrung durch ungeschlechtliche bewegliche Sporen (durch Schwärmsporen);

3. eine Vermehrung durch sich von der Pflanze ablösende unbewegliche Zellen (durch Brutzellen).

Erst in der neuesten Zeit ist der Bau und die Lebensgeschichte der einfachsten, und darum gerade für die Physiologie der Gewächse so wichtigen, Pflanzen gründlich erforscht worden. Während man lange die Kryptogamen überhaupt für geschlechtlos ansah (Schleiden) oder bei den Pilzen und Algen oft die wunderbarste, durch nichts begründete, Hypothese über den Geschlechtsapparat und die Befruchtung aufstellte, wurde durch Pringsheim im Jahre 1855 der Zeugungsact der Vaucheria so vollständig beobachtet und später durch andere Beispiele (Oedogonium, Bulbochaete, Saprolegnia, Coleochaete u. s. w.) so sicher begründet, dafs seitdem der Streit über die Geschlechtlichkeit der Algen, sowie der Kryptogamen überhaupt, beendigt ist.

Bei der Vaucheria, welche als einzelliger, verzweigter, grüner Algenfaden in unseren Gewässern vielfach vorkommt und deren Vermehrung durch ungeschlechtliche bewegliche Sporen (Schwärmsporen, Zoosporen) Unger zuerst beobachtete, sind seit Vaucher zweierlei Organe, welche neben einander als seitliche Ausstülpungen des Fadens auftreten, bekannt. Das Eine wurde das Hörnchen, das Andere die Spore genannt. Vaucher hielt den grünen Inhalt, das Blattgrün, des Algenfadens überhaupt für den männlichen Samen, Link und Meyen dagegen sahen in den Hörnchen nur unvollkommene Aeste. Nägeli spricht dieselben zuerst als zum Geschlechtsapparat gehörig an, er glaubt, dafs sie sich mit dem anderen Organ, das man jetzt Sporenfrucht oder Sporenmutterzelle nennt, copuliren und dafs ein Theil des Hörncheninhaltes in die letztere hinübertrete. Nach erfolgter Befruchtung soll sich alsdann das Hörnchen wieder von der Sporenmutterzelle trennen. Nach Karsten dagegen öffnen sich Hörnchen und Sporenmutterzelle und aus dem ersteren tritt ein Theil des Inhalts als Blase in die Sporenmutterzelle hinüber oder vereinigt sich zum wenigsten mit derselben, so dafs eine directe Vermischung des Inhaltes der Blase mit dem Inhalte der Sporenmutterzelle stattfinden kann.

Nach Pringsheim[1]) ist nun der Vorgang der Befruchtung bei Vaucheria wörtlich folgender: »Beide Organe (das Hörnchen und die Sporen-

[1]) Monatsbericht der Berl. Akademie 1855. p. 5—10 des Separatabdruckes.

frucht) erheben sich papillenartig wie Aeste nicht weit von einander aus dem Schlauche und zwar gewöhnlich in der Folge, dafs die Papille, die zum Hörnchen wird (Taf. VI. Fig. 7*b*.), früher sich bildet als diejenige, aus welcher die Spore (Sporenmutterzelle) (Taf. VI. Fig. 7*a*.) entsteht. Beide Papillen unterscheiden sich gleich von Anfang durch ihre Dimensionen so sehr, dafs sie kaum mit einander verwechselt werden können. Die Papille, welche zum Hörnchen wird, verlängert sich bald in einen kurzen, cylindrischen, dünnen Ast, der zuerst senkrecht vom Schlauche in die Höhe wächst, dann sich umbiegt, dem Schlauche wieder entgegenwächst, sich oft noch ein zweites, ein drittes Mal umbiegt und so stets einen mehr oder weniger gekrümmten Ast darstellt, der oft schneckenartig mehrere Windungen bildet. — Zur Zeit, wenn die erste Krümmung des Hörnchens beginnt, entsteht gewöhnlich erst die Papille für die nebenstehende Sporenfrucht, doch ist dies sehr unbestimmt, indem diese bald viel früher, noch während das Hörnchen ganz gerade ist, bald viel später, nachdem das Hörnchen sich schon gekrümmt hat und fast zwei gleich lange Schenkel bildet, aus dem Schlauche hervorwächst.«

»Die zur Sporenfrucht bestimmte Papille schwillt nach und nach zu einem gröfseren seitlichen Auswuchs des Schlauches an, welcher die Breite des Hörnchens weit übertrifft, dagegen nur ungefähr die Länge des geraden Schenkels des Hörnchens besitzt (Taf. VI. Fig. 7). Dieser Anfangs nach allen Seiten symmetrische Auswuchs treibt zuletzt eine dem Hörnchen zugekehrte schnabelartige Verlängerung, den Schnabelfortsatz der Sporenfrucht, wodurch diese die ihr eigenthümliche, an die Form eines halb umgewendeten Pflanzeneies erinnernde, Gestalt erhält. Bis zu dieser Zeit ist sowohl das Hörnchen als die Sporenfrucht noch nicht durch eine Wand von dem Schlauche, der sie trägt, abgeschlossen. Die Höhlung des Hörnchens und die Höhlung der Sporenfrucht stehen also noch in vollkommener, ununterbrochener Continuität mit der Höhlung des Schlauches. Hörnchen und Sporenfrucht führen noch denselben Inhalt wie der Schlauch. Eine grofse Anzahl länglicher Chlorophyllkörnchen, deren Grundlage ein eiweifsartiges Plasma — hier niemals Stärke — ist, und rundliche gröfsere und kleinere Oeltropfen, bilden einen dichten inneren Wandüberzug des Schlauches, der Sporenfrucht und des Hörnchens. Zwischen diesem körnigen Wandüberzug und der eigentlichen dicken Zellstoffhaut liegt eine sehr dünne Schicht von farbloser Substanz, die ich (Pringsheim)

als Hautschicht des Zellinhaltes bezeichnet habe. Die Sporenfrucht zeichnet sich noch besonders dadurch aus, dafs in ihr die Oeltropfen sich in der gröfsten Menge sammeln und scheinbar ihre innere Höhlung ganz erfüllen.«

»Auf dieser Entwickelungsstufe entsteht plötzlich an der Basis der Sporenfrucht eine Scheidewand und von nun an ist die Sporenfrucht eine selbstständige, von dem Schlauche getrennte, Zelle geworden. Noch bevor die Sporenfrucht sich durch die Scheidewand vom Schlauche getrennt hat, bemerkt man an ihrer, dem Hörnchen zugekehrten, schnabelartigen, Verlängerung die langsame Ansammlung einer farblosen, sehr feinkörnigen Masse (Pringsheim's Hautschicht des Protoplasma Bd. I. p. 47); diese Ansammlung der Hautschicht an dem Schnabelfortsatz nimmt nach der Bildung der Scheidewand zwischen Sporenfrucht und Schlauch immer mehr zu und durch sie wird nach und nach der übrige Inhalt der Sporenfrucht, die Oeltropfen, das Chlorophyll und das Plasma, immer mehr nach der Rückseite und der Basis der Sporenfrucht gedrängt. Während diese Erscheinungen in der Sporenfrucht stattfinden, hat sich das Hörnchen gleichfalls in sehr bemerkenswerther Weise umgebildet. In seiner Spitze, die, so lange das Hörnchen wächst, sich nicht anders verhält als die Spitze wachsender, vegetativer Aeste der Vaucheria, hat sich nach und nach der Inhalt durch Verschwinden des Chlorophylls fast vollständig entfärbt, nur hier und da blieben noch einige Chlorophyllkörner zurück. So erscheint das Hörnchen an seiner Spitze nun gleichfalls wie die Sporenfrucht, mit einer farblosen Substanz erfüllt, die jedoch nicht durch eine Ansammlung der Hautschicht an dieser Stelle, sondern offenbar durch eine stoffliche mit Form- und Farbenänderung verbundene Umwandlung des an der Spitze früher befindlichen Inhaltes gebildet wird. Dieser Unterschied der Bildungsweise der farblosen Substanz, die sich an der Spitze des Hörnchens und an der Spitze der Sporenfrucht vorfindet, verdient wohl ins Auge behalten zu werden, sie steht mit der verschiedenen morphologischen Bestimmung dieser beiden Substanzen im wesentlichen Zusammenhange. Sobald der Inhalt der Spitze des Hörnchens farblos geworden ist, erscheint er von einer sehr feinkörnigen, granulösen, schleimigen Substanz gebildet, die noch keine deutliche Einsicht in ihre Gestaltungen gestattet. Nun, nachdem die Umwandlung des Inhaltes erfolgt ist, scheidet sich plötzlich die Spitze des Hörnchens, soweit sie farblos geworden ist, von dem unteren noch

grünen Theil durch eine Scheidewand ab und gestaltet sich so zu einer besonderen, von dem Schlauche und dem mit diesem in Verbindung stehenden Basaltheil des Hörnchens getrennten Zelle (Taf. VI. Fig. 7*b*.). Hier entsteht also die Scheidewand nicht an der Basis, wie bei der Sporenfrucht (Taf. VI. Fig. 8), sondern in der Mitte des Hörnchens selbst. Die Stelle, wo die Scheidewand entsteht, ist ziemlich unbestimmt.«

»Nach der Bildung der Scheidewand im Hörnchen nimmt allmälig der farblose Schleim in seiner Spitze eine bestimmtere Gestalt an und man erkennt nun leicht eine grofse Anzahl in verschiedener Stellung neben und über einander liegender ganz farbloser kleiner Stäbchen, die noch hier und da von gestaltlosem Schleim umgeben, gleichsam in ihm eingebettet sind. Dem aufmerksamen Beobachter wird auch die undeutliche Bewegung nicht entgehen, welche einzeln diese Stäbchen schon jetzt zeigen und die ihre Bestimmung im voraus ahnen läfst.«

»Diese Ausbildung der Hörnchen fällt der Zeit nach zusammen mit derjenigen Entwickelungsstufe der Sporenfrucht, auf welcher die Ansammlung der Hautschicht vor dem Schnabelfortsatz bereits den höchsten Grad erreicht hat und dieser Zustand beider geht dem Befruchtungsacte vorher. Indem nämlich durch die vor dem Schnabelfortsatz sich fortwährend vermehrende Hautschicht der Druck innerhalb der Sporenfrucht auf die Wand und namentlich in der Richtung des Schnabels immer stärker wird, wird endlich die Membran gerade am Schnabelfortsatz durchrissen und die Hautschicht fliefst zum Theil aus dem geöffneten Fortsatz hervor (Taf. VI. Fig. 8). Der nach Aufsen gedrungene Theil der Hautschicht reifst sich unter all den Erscheinungen, welche die langsame Trennung einer schleimigen Masse in zwei Theile begleiten und die hier mit gröfster Evidenz den Mangel einer den herausfliefsenden Inhalt umgebenden Membran nachweisen, von dem im Innern der Sporenfrucht zurückbleibenden Theile der Hautschicht ab und gestaltet sich zu einem schleimigen Tropfen, der in der Nähe der Oeffnung der Sporenfrucht liegen bleibt und ohne sich irgendwie zu organisiren, unter mannigfachen Erscheinungen der Wasseraufnahme und der Zersetzung zu Grunde geht. Die Ansammlung der Hautschicht im Innern der Sporenfrucht an dem Schnabelfortsatz und das Hervortreten eines Theils desselben ist nur der Mechanismus, durch welchen die für den Eintritt der Spermatozoiden

bestimmte Oeffnung der Sporenfrucht gebildet wird. Denn stets unmittelbar nachdem die Oeffnung der Sporenfrucht entstanden ist, in wunderbarer Coincidenz mit dem Durchbrechen der Hautschicht durch den Schnabelfortsatz, öffnet sich das Hörnchen an seiner Spitze und ergiefst seinen Inhalt nach Aufsen (Taf. VI. Fig. 10 *b.*). Unzählige, äufserst kleine, stabförmige Körperchen, meist schon völlig isolirt, viele im Augenblicke der Oeffnung des Hörnchens noch in dem Schleim, in dem sie entstanden, eingebettet, treten auf einmal durch die Oeffnung des Hörnchens hervor. Die bereits isolirten entschlüpfen mit ungemein rascher Bewegung nach allen Richtungen, die im Schleim eingebetteten machen sich erst später nach und nach los und folgen mit gleicher Schnelligkeit den ersten. Bald ist das Gesichtsfeld mit den beweglichen Stäbchen bedeckt. In grofser Anzahl, zu 20 — 30 und mehr, dringen sie in die nahe Oeffnung der Sporenfrucht hinein, die sie fast völlig erfüllen (Taf. VI. Fig. 9). Sie treten an die im Innern der Sporenfrucht zurückgebliebene Hautschicht heran; diese, noch sichtbar ohne jede feste membranartige Umgrenzung, setzt in Folge ihrer zähschleimigen Consistenz ihrem weiteren Eindringen in die Sporenfrucht ein solides Hindernifs entgegen. Länger als eine halbe Stunde dauert nun fortwährend dieses Herandrängen jener beweglichen, stabförmigen Körper an die Hautschicht; an ihrer äufseren Begrenzung anprallend, weichen sie zurück, drängen sich wieder heran, weichen wieder zurück und so wiederholt sich in ununterbrochener Aufeinanderfolge ihr Herandrängen und Zurückweichen: ein wundervolles Spiel für den Beobachter. Nachdem dies Spiel einige Zeit gewährt hat, entsteht plötzlich eine scharfe Umgrenzungslinie an der äufseren Begrenzung der Hautschicht (Taf. VI. Fig. 10 *a.*), die erste Andeutung einer sich bildenden Haut um den vorher noch membranlosen Inhalt der Sporenfrucht. Von diesem Augenblicke an sind die beweglichen Körperchen von der Hautschicht durch eine ihre weitere Einwirkung auf den Inhalt hindernde Membran getrennt. Sie fahren zwar noch fort sich in dem Schnabelfortsatz hin und her zu bewegen und diese Bewegung dauert oft noch stundenlang, allein sie gehen endlich in dem Schnabelfortsatz selbst zu Grunde, indem ihre Bewegung immer langsamer wird und zuletzt ganz aufhört. Noch mehrere Stunden, nachdem der Befruchtungsvorgang längst vorüber ist, findet man die zur Ruhe gekommenen erstorbenen Körperchen in dem Schnabelfortsatz vor der im Innern der Sporenfrucht gebildeten Spore liegen, bis endlich nach ihrer völ-

ligen Auflösung jede Spur von ihnen verschwunden ist. — Man ist im Stande mit der gröfsten Schärfe das Andringen jener beweglichen Fäden, der Spermatozoiden der Vaucheria, in die Oeffnung des Schnabelfortsatzes, sowie ihre fortwährenden Bemühungen an die Hautschicht sich heranzudrängen, die völlig den Anschein gewähren, als wollten sie in dieselbe hineindringen, genau zu verfolgen. Einige Male sah ich (Pringsheim) auch, nachdem die Spermatozoiden schon einige Zeit in die Sporenfrucht eingedrungen waren, mit aller Bestimmtheit das plötzliche Auftreten eines gröfseren farblosen Körperchens unmittelbar an der Grenze, aber schon innerhalb der Hautschicht. Von diesem Körperchen ist früher niemals eine Spur in der Hautschicht bemerkbar. Sein plötzliches Auftreten nach der Befruchtung, seine peripherische Lage in der Hautschicht, seine Consistenz und sein Aussehn lassen kaum noch einen Zweifel darüber, dafs dieses Körperchen von einem eingedrungenen Spermatozoid herrührt.«

Die Spermatozoiden der Vaucheria erscheinen nach Pringsheim während der Bewegung als längliche, schmale Stäbchen; durch Jod getödtet, erschienen diejenigen von ihnen, welche nach langem Umherschwärmen im Wasser endlich zu Grunde gingen, als kleine helle Bläschen $\frac{1}{180}'''$ grofs mit einem dunkelen Punkt und zwei Cilien, einer langen und einer kurzen, versehen (Taf. VI. Fig. 11).

Die Hörnchen der Vaucheria sind demnach das männliche Organ, die Antheridie; die Sporenfrucht dagegen ist das weibliche Organ dieser Pflanze. Der vor der Befruchtung von keiner festen Membran umgrenzte Inhalt des letzteren wird durch die Spermatozoiden, welche in denselben eindringen, befruchtet. Die Bildung einer festen Membran um diesen Inhalt, welcher dadurch zur Embryonalzelle der Pflanze wird, ist das erste Kennzeichen der Befruchtung (Taf. VI. Fig. 12*a*).

Für die Beobachtung des wirklichen Eindringens der Spermatozoiden in die Plasmamasse der Sporenfrucht ungleich günstiger ist die gleichfalls von Pringsheim[1]) zuerst nachgewiesene Befruchtung des Oedogonium. Bei dieser Alge, deren Fäden aus einer Reihe von Zellen bestehen, die sich in einer eigenthümlichen Weise, mit ringförmiger Zerreifsung der Mutterzellenwand, durch Theilung vermehren (Bd. 1. p. 187), kann man 3 Arten von Zellen unterscheiden: 1. die gewöhnlichen vegetativen Zellen, welche den Körper dieser Pflanze aufbauen,

---

1) Monatsbericht der Berliner Akademie 1856.

und in welchen nach Thuret, A. Braun und Anderen auf ungeschlechtlichem Wege eine einzige mit einem vollen Wimperkranz an ihrem Vorderende versehene Schwärmspore entsteht, welche unter günstigen Verhältnissen nach kurzem Umherschwärmen keimt. 2. einzeln oder zu mehreren neben einander auftretende, gröfsere, meist stark angeschwollene Zellen, in welchen sich die ruhende Spore bildet und die den weiblichen Geschlechtsapparat der Pflanze vorstellen. 3. Zellen, welche viel kürzer als die vegetativen Zellen sind und meistens zu mehreren über einander, entweder mit dem weiblichen Organ an derselben Pflanze oder getrennt auf besonderen Exemplaren vorkommen, und welche entweder unmittelbar, oder erst mittelbar, nach Hervorbringung einer selbstständigen, den Mutterfaden verlassenden, Zwischenbildung, diejenigen Zellen erzeugen, in deren Innern der Samenkörper oder das Spermatozoid entsteht.

Bei Oedogonium ciliatum erscheinen die kleinen Zellen, welche erst den männlichen Geschlechtsapparat erzeugen sollen, gewöhnlich im oberen Theile des Fadens, zwischen der endständigen Borstenzelle und dem obersten weiblichen Geschlechtsorgan. Zur Zeit der Geschlechtsreife entsteht in jeder dieser Zellen aus ihrem ganzen Inhalt eine einzige Schwärmspore, welche sich nur durch ihre viel geringere Gröfse von der keimfähigen Schwärmspore unterscheidet und die als Microgonidie schon länger bekannt war, deren Keimung aber Thuret zuerst beobachtet hat (Taf. VI. Fig. 15 *x.*). Diese kleinen Schwärmsporen schwärmen eine Zeit lang und setzen sich darauf auf oder in der Nähe des weiblichen Apparates ihrer Pflanze fest und wachsen, während der Inhalt der Sporenfrucht ein mehr körniges Ansehen gewinnt, zu kleinen wenigzelligen Pflanzen heran (Taf. VI. Fig. 14 *c.*), welche Pringsheim die Männchen genannt hat und die schon Braun als Zwergpflanzen kannte. Bei Oedogonium ciliatum bestehen dieselben aus einer Chlorophyll führenden Fufszelle, welche ein zweizelliges fast farbloses Organ, das Antheridium, trägt. Die Spore, aus welcher das Männchen hervorgeht, wird von Pringsheim Androspore genannt.

Aus der sich festsetzenden Androspore entsteht das Antheridium als die obere, der Fufs des Männchens als die untere Tochterzelle, nach der bei Oedogonium eigenthümlichen Weise der Zellentheilung. Das bei seiner Bildung einzellige Antheridium theilt sich darauf noch einmal durch eine horizontale Scheidewand in zwei Tochterzellen, die Specialmutterzellen des Samenkörpers bilden sich aber, auffallender

Weise, ohne Aufbrechen der Mutterzellenmembran. Dieselbe sonst nicht vorkommende Ausnahme kehrt auch bei denjenigen Oedogonium-Arten wieder, wo das Antheridium unmittelbar aus den kleinen Zellen des Algenfadens, ohne Bildung des Männchens, entsteht.

In jeder Specialmutterzelle bildet sich darauf ein einziger Samenkörper; das Männchen von Oedogonium ciliatum, dessen Antheridie nur aus zwei Zellen besteht, erzeugt deshalb auch nur zwei Samenkörper. Wenn die letzteren fertig sind, so drückt der obere Samenkörper etwas gegen den Deckel des Antheridiums, denselben etwas in die Höhe hebend. So verbleibt der Deckel oft mehrere Stunden, bis die Membran des weiblichen Organes plötzlich wenig unterhalb seiner Spitze wie mit einem Deckel aufbricht, worauf eine unmittelbar unter der entstandenen Oeffnung liegende, Schleimschicht hervortritt und sich unter den Augen des Beobachters zu einem festen, von einer farblosen Membran gebildeten, Schlauche (dem Befruchtungsschlauche) ausbildet, welcher seitlich einem Männchen zugeneigt eine deutliche und grofse Oeffnung besitzt (Taf. VI. Fig. 14, 16 u. 17), während sich gleichzeitig der bis dahin der Wand genau anliegende Inhalt von ihr zurückzieht und sich zu einer einzigen, grofsen, frei in der Höhle des weiblichen Geschlechtsorganes liegenden Kugel (der Befruchtungskugel) zusammenzieht, deren oberer der Oeffnung zugewandter Theil aus einer farblosen Schleimmasse besteht. In diesem Momente, welcher dem Acte der Zeugung unmittelbar vorangeht, bricht der Deckel des Antheridiums völlig auf und der oberste, keilförmig gestaltete, vorn etwas zugespitzte, mit mehreren Wimpern versehene, Samenkörper tritt, mit eigener Bewegung begabt, hervor. Er dringt bei normaler Befruchtung nach sehr kurzem Umherirren durch die Oeffnung des Befruchtungsschlauches in das weibliche Geschlechtsorgan hinein. Mit der Spitze voran nähert er sich dem farblosen Vordertheil der Befruchtungskugel (Taf. VI. Fig. 16).

»[1])Nichts stört die Beobachtung des Augenblickes der Berührung beider Zeugungsmassen. Die glashelle, farblose und dünne Membran des Befruchtungsschlauches und des weiblichen Geschlechtsorganes, welche vollkommen durchsichtig sind, die bedeutende Gröfse des Samenkörpers und seine eigenthümliche durch die grünen Körner seines Inhaltes noch leichter erkennbare Gestalt, ferner die Farblosigkeit des

[1]) p. 9 des Separatabdruckes.

anderen Theiles der Befruchtungskugel, endlich der Umstand, daſs nur ein einziger Samenkörper sich langsam der zu befruchtenden Masse nähert, alle diese Verhältnisse stellen in ihrer Vereinigung die günstigsten Bedingungen für die Beobachtung dar.«

»Einen Augenblick, nachdem der Samenkörper die Befruchtungskugel berührt hat, erblickt man ihn noch in seiner vollkommenen, unveränderten Gestalt mit der Spitze an dem Umfang der Befruchtungskugel hin- und hertastend. Aber schon im nächsten Moment sieht man, wie der Samenkörper, unter Aufgabe seiner Gestalt, gleichsam berstend, von der Befruchtungskugel aufgenommen wird und seine Masse unmittelbar sich mit der Masse der Befruchtungskugel vereinigt. Nach diesem fast momentanen Acte der Befruchtung bleibt gar keine Spur des Samenkörpers auſserhalb der Befruchtungskugel zurück, weder Reste einer Membran, die auch früher nicht unmittelbar sichtbar war und auch durch Reagentien nicht darstellbar ist, noch Reste seines Inhaltes. Dagegen sieht man im Innern der vorderen Schleimpartie der Befruchtungskugel, welche vor der Befruchtung nur aus einer ganz feinkörnigen, sehr schwach gelblich schimmernden Schleimmasse bestand, jetzt einige gröſsere grünliche Körner, die unzweifelhaft dem früheren Inhalt des Samenkörpers angehörten.«

»Kurz nach der Befruchtung zeigt die Befruchtungskugel eine nach und nach immer schärfere Umgrenzung und endlich eine deutlich von zwei Conturen gebildete Membran an ihrem Umfange (Taf. VI, Fig. 17).« Die Befruchtungskugel ist nunmehr zur ersten Zelle eines neuen Organismus, die als ruhende Spore des Oedogoniums bekannt war und durch welche diese Pflanze überwintert, geworden.

Bei denjenigen Oedogonium-Arten, wo die Befruchtungskörper unmittelbar aus den kleinen Zellen entstehen und wo deshalb keine Männchen vorkommen, gelangen die austretenden Samenkörper durch eine seitlich entstandene Oeffnung des weiblichen Geschlechtsorganes an und in die Befruchtungskugel. — Das Vorkommen oder Fehlen der Männchen ist neben anderen Verschiedenheiten von Pringsheim mit zur systematischen Eintheilung der an Arten so reichen Gattungen Oedogonium und Bulbochaete verwendet worden.

Ein drittes gleichfalls durch Pringsheim[1]) aufgefundenes Beispiel der Algen-Befruchtung verdient, einiger Nebenumstände halber, noch

[1]) Monatsbericht der Berliner Akademie 1857 und Pringsheims Jahrbücher Bd. I. p. 289—305.

kurzer Erwähnung. Bei den Saprolegnien (Saprolegnia, Achlya, Pythium), kleinen auf im Wasser verwesenden Thieren, Fliegen u. s. w., lebenden Algen sind schon lange durch verschiedene Forscher aufser den Schläuchen, welche keimfähige Schwärmsporen entlassen, noch gröfsere, kugelförmige Zellen bekannt, deren Membran runde, wirkliche Löcher besitzt, und die gleichfalls keimfähige aber unbewegliche und viel gröfsere Sporen bilden. Dagegen waren kleinere nicht keimfähige Sporen, sogenannte Microgonidien, bisher für Saprolegnia unbekannt geblieben.

Pringsheim hat nun gezeigt, dafs diese grofsen runden Zellen mit Oeffnungen in der sich durch Jod- und Schwefelsäure blaufärbenden Membran die weiblichen Geschlechtsorgane der Saprolegnien sind, die er deshalb Oogonien, die in ihnen entstehenden kugeligen Sporen aber Oosporen nennt. Während der Bildung der Oogonien entstehen nun, entweder aus dem Stiel der letzteren selbst oder doch in dessen Nähe, Seitenäste der Saprolegnia, welche sich an das Oogonium legen. Die Enden dieser Seitenäste, die sich unterdefs mit Inhalt stärker erfüllt haben, werden darauf, gleich dem Hörnchen der Vaucheria, durch eine wagerechte Scheidewand abgeschlossen und man sieht, dafs selbige an denjenigen Orten liegen, wo etwas später durch Resorption die schon vorhin erwähnten Löcher in der Wand des Oogoniums entstehen. Der ursprünglich körnig homogene Inhalt des letzteren hat sich derweilen in zahlreiche Befruchtungskugeln umgestaltet; die den Löchern der Wand anliegenden Antheridien entsenden aber schlauchförmige Fortsätze ins Innere des Oogoniums, welche tief bis zu den Befruchtungskugeln vordringen, sich hier öffnen und ihren Inhalt zwischen denselben ergiefsen (Taf. VI. Fig. 20). Die Antheridien enthalten sehr kleine, $\frac{1}{500}$ millim. messende, Körperchen, die Samenkörper, deren Gestalt und Bewegung Pringsheim, wegen der obwaltenden Schwierigkeit, hier nicht so genau als bei Vaucheria und Oedogonium wahrnehmen konnte; dagegen überzeugte er sich auch hier von dem Eindringen derselben in die Befruchtungskugeln, welche hier ebenfalls erst nach erfolgter Befruchtung eine feste Membran erhalten und zu Oosporen, d. h. zu den ausdauernden Fortpflanzungszellen dieser Pflanzen werden.

Während bei Saprolegnia und Achlya zahlreiche Oosporen im Oogonium entstehen, bildet sich bei dem parasitischen Pythium, wie bei Vaucheria und Oedogonium, nur eine einzige Oospore. Die Schlauch-

bildung des Antheridiums der Saprolegnien erinnert an den Pollenschlauch der Phanerogamen, von dem bei der phanerogamen Befruchtung die Rede sein wird. Die Befruchtungskugel aber, welche erst nach der Befruchtung zur Embryonalzelle wird, findet in der Protoplasmakugel des Keimkörperchens der Phanerogamen, welche, wie Henfry und ich nachgewiesen haben, erst durch die Befruchtung eine Membran erhält und so zur ersten Zelle des Keims wird, ihr Analogon.

Pringsheim[1]), hat demnach, namentlich durch die 3 mitgetheilten Untersuchungen, den Beweis geliefert:

1. »Dafs im Zeugungsacte eine materielle Vermischung der ganzen Masse, aus welcher der Samenkörper besteht, und der im weiblichen Geschlechtsorgan gebildeten noch nackten Befruchtungskugel stattfindet.«

2. »Dafs die erste Zelle des neuen Organismus in dem weiblichen Geschlechtsorgan nicht bereits fertig präexistirt, sondern erst das Resultat der Zeugung ist.«

3. »Dafs die Samenkörper nicht einen morphologisch bestimmten Theil der neuen Zelle — etwa den Zellkern — bilden, sondern in ihrer Gestalt völlig aufgehen und daher nur durch ihre Masse wirken können.«

4. »Dafs ein einziger Samenkörper (bei Oedogonium) zur Ausübung des Geschlechtsactes genügt.«

Durch Thuret's schöne Untersuchungen über die Fucaceen war die Geschlechtlichkeit der Algen schon länger sehr wahrscheinlich gemacht; derselbe hatte nämlich (1853) beobachtet, dafs die in besonderen Höhlen des Laubes dieser Algen zwischen gegliederten Fäden (Paraphysen) im Innern wasserheller Schläuche entstandenen unbeweglichen Sporen nur unter dem Zutritt sehr kleiner, mit zwei Wimpern versehener Schwärmsporen zu keimen vermögen[2]), was später durch Pringsheim bestätigt wurde. Diese kleinen Schwärmsporen aber, welche selbst niemals keimen, entwickeln sich nach Thuret, Derbès und Solier, desgleichen nach Pringsheim und Anderen bei den Fucaceen in den Endzellen der Paraphysen, entweder neben den Sporenschläuchen in den in das Laub eingesenkten Fruchthöhlen (Conceptacula), bei Fucus platycarpus, Halidrys siliquosa, oder sie kommen in besonderen männ-

---

[1]) Monatsbericht der Berliner Akademie 1856 p. 10.
[2]) Sur la fécondation des fucacées. Mémoire de la société de Cherbourg 1853.

lichen Conceptaculis auf besonderen männlichen Pflanzen vor, bei Fucus vesiculosus, F. ceranoides, F. serratus, oder sie stehen endlich frei auf besonderen, oftmals schon ziemlich baumartig verzweigten Aesten (Cutleria, Callithamnion, Griffithia u. s. w.). Die Zellenschläuche, in welchen sich diese kleinen Befruchtungskörper bilden, nennt Thuret Antheridien, die Befruchtungskörper selbst bezeichnet er als Antherozoiden.

Diese Antherozoiden (Befruchtungskörper, Spermatozoiden) der Algen sind im Allgemeinen sehr kleine runde oder längliche Körperchen mit einem dunkleren, seitlich gelegenen Flecken und zwei Wimpern, von ungleicher Länge. Bei den Fucaceen entstehen sehr viele Antherozoiden in einer nicht getheilten Schlauchzelle, welche sich später an ihrer Spitze öffnet und dieselben entläſst; bei Cutleria dagegen ist die Antheridie durch sehr regelmäſsig gestellte Scheidewände in viele Theile getheilt. Die freigewordenen Antherozoiden tummeln sich, den Schwärmsporen ähnlich, im Wasser umher, keimen aber niemals. Bei den Florideen erscheinen die Antheridien immer auf besonderen Individuen, entweder als freie Anhäufungen kleiner farbloser Zellen oder (bei Polysiphonia) als zartwandiger Schlauch, der solche Zellen umschlieſst u. s. w. Die Antherozoiden der Florideen sind ohne Wimpern und unbeweglich. — Die Antheridien der Griffithia und des Callithamnion erinnern an die ebenfalls baumartig verzweigten Spermogonien einiger Pilze (Peziza, Tympanis p. 186), deren Spermatien gleichfalls bewegungslos sind. Thuret konnte das Eindringen der Antherozoiden in die jungfräulichen Sporen nicht wahrnehmen, Pringsheim dagegen beobachtete kleine dunkele Punkte im Innern der befruchteten Fucus-Sporen, welche er für die dunkelen Flecken eingedrungener Antherozoiden hält, da sie bei jungfräulichen Sporen nicht gesehen werden. Auch Cohn[1]) konnte sich bei Sphaeroplea von dem Eindringen der Samenkörper (Antherozoiden) nicht überzeugen, glaubt vielmehr, »daſs ein Theil ihrer Substanz von der Befruchtungskugel endosmotisch aufgesogen werde.« Da aber Pringsheim den Befruchtungsvorgang bei Vaucheria und Oedogonium nicht allein gesehen, sondern denselben auch urtheilsfähigen Beobachtern (Pflüger u. A.) gezeigt hat und auch diese sich von dem wirklichen Eindringen der Samenkörper in die Befruchtungskugel überzeugt haben, desgleichen

[1]) Monatsbericht der Berliner Akademie 1855.

Schenk[1]) Pringsheims Untersuchungen bestätigt hat, so scheint mir aus dem von Thuret und Cohn erhobenen Widerspruch nur hervorzugehen, dafs nicht alle Algen dieser Beobachtung in gleichem Grade günstig sind.

Obschon nun bis jetzt der Befruchtungsact selbst erst bei verhältnifsmäfsig wenig Algen unzweifelhaft nachgewiesen ist, in diesem Falle aber durch ihn immer die ruhende Spore entsteht, durch welche die Pflanze entweder überwintert, oder doch für längere Zeit in einen Zustand der Ruhe verbleibt, wodurch die Pflanze für günstigere Verhältnisse erhalten wird, so läfst sich wohl annehmen, dafs auch in anderen Fällen die ruhenden Sporen der Algen durch geschlechtliche Zeugung entstehen mögen. Da wir jetzt ferner die Befruchtungskörper (Antherozoiden) als kleine mit Wimpern versehene bewegliche Körper kennen, so läfst sich gleichfalls vermuthen, dafs diejenigen sehr kleinen Schwärmsporen überhaupt, welche nur unter gewissen Umständen entstehen und niemals keimen, aber sogar für die einfachsten Formen (Chlamidococcus, Stephanosphaera u. s. w.) bekannt sind und von A. Braun Microgonidien genannt wurden, das männliche Geschlecht vertreten und demnach wahrscheinlich Antherozoiden sind; welche Entscheidung freilich der directen Beobachtung allein vorbehalten bleibt.

Während die ruhenden Sporen der Vaucheria, Oedogonium und Saprolegnia-Arten, desgleichen die gleichfalls unbeweglichen Sporen der Fucaceen durch eine Befruchtung vermittelst beweglicher Samenkörper entstehen, bildet sich die ruhende Spore der Spirogyren durch Copulation mit Vermischung des Inhaltes zweier Zellen und hat man in diesen Vorgang, vielleicht nicht mit Unrecht, einen geschlechtlichen Act vermuthet. Areschoug hat sogar das Eindringen einer in dem einen Faden neu entstandenen Zelle in die ebenfalls jugendliche Zelle des anderen Fadens zu sehen geglaubt, etwa so, wie man sich früher das Eindringen des Pollenschlauches in die Membran des Embryosackes zum Zwecke der Befruchtung dachte. Nach Pringsheim dagegen vermischen sich die Copulationsmassen der beiden Fäden zu einer Zeit, wo ihre Hautschicht noch keine feste Consistenz angenommen hat. Da nun aber bei Chlamidococcus und anderen einzelligen Algen die Schwärmspore selbst nach längerer Wanderung zuletzt in einen ruhenden Zustand übergeht und in solchem unter ungünstigen Verhältnissen Jahre lang verbleiben kann, ohne ihre Keimkraft zu ver-

---

[1]) Schenk, Algeologische Mittheilungen. Verhandl. der physikal-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg. Bd. VIII. u. IX.

lieren, sich aufserdem, wie Cohn[1]) und Cienkowsky[2]) nachgewiesen haben, einige einzellige Algen, den Infusorien ähnlich, unter bestimmten Verhältnissen mit einer dicken Membran umkleiden, encystiren und dadurch ebenfalls in einen ruhenden Zustand versetzt werden, so ist wenigstens die Bildung ruhender Sporen noch immer kein Beweis für die Geschlechtlichkeit. Die nothwendige Vermischung der beiden Copulationsmassen zur Bildung der ruhenden Spore der Spirogyra könnte dagegen immerhin als eine modificirte Form des Zeugungsactes angesprochen werden, zumal da die Copulation auch bei den Desmidiaceen und für die Pilze bei Syzygites wiederkehrt (Bd. 1. p. 186).

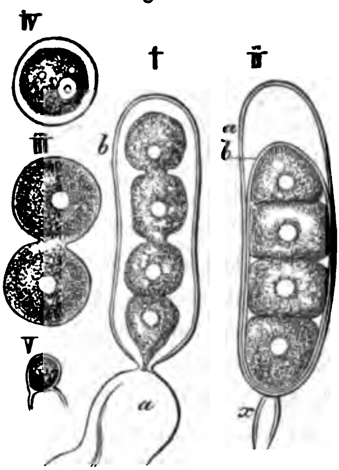
Die ruhenden Sporen der Vaucheria, des Pythium und der Spirogyra, desgleichen der Fucoideen keimen nach längerer Ruhe unmittelbar, in den Oosporen der Oedogonium und Bulbochaete-Arten entwickeln sich dagegen nach längerer Ruhe vier mit einem Wimperkranz versehene Schwärmsporen, welche nach beendigter Wanderung zu keimen beginnen. Interessant ist noch der ebenfalls von Pringsheim beobachtete Vorgang bei Coleochaete, wo das weibliche Organ nach der Befruchtung durch seine Nachbarzellen eine Berindung erhält, wie dies beim weiblichen Organ der Characeen in ähnlicher Weise der Fall ist. Im Innern der grofsen berindeten Zelle aber entsteht ein parenchymatisches Gewebe und in jeder Zelle desselben bildet sich ein Schwärmfaden, so dafs hier das Verhältnifs der Laub- und Lebermoose, wo durch die Befruchtung eine Sporenfrucht entsteht, wiederkehrt. Einige Arten der Coleochaete haben Androsporen, andere dagegen bilden unmittelbar die Befruchtungskörper; sie gleichen hierin den Oedogonien.

Bei Corallina und den ihr verwandten Gattungen sind zweierlei Fruchtarten, sogenannte Vierlingsfrüchte und Kapselfrüchte bekannt. Ich habe auf Madeira nur die ersteren gefunden. Dieselben erscheinen bei Corallina officinalis meistens als Endglieder, aber auch, wenngleich seltener, in den Mittelgliedern eines Corallina-Stammes. Es sind Höhlen, mit einer kleinen runden Oeffnung, den Conceptaculis der Fucaceen ähnlich. Nur die äufseren Zellen der Wandung sind verkalkt, während bei den vegetativen Gliedern die Wand aller Zellen kohlensauren Kalk enthält. Aus dem Grunde dieser Höhlen erheben sich die Sporenschläuche, die in derselben Frucht von sehr ungleichem Alter gefunden werden. Die länglichen Sporenschläuche bilden durch Ab-

[1]) v. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift Bd. IV. Heft 3.
[2]) Mélanges biologiques Tom. II.

schnürung eine Reihe von 4 Sporen, welche nur von einer etwas consistenteren Hautschicht bekleidet sind, aber keine feste Zellenmembran, von welcher sich beim Gerinnen der Inhalt abhebt, besitzen. Jede Spore hat einen hell durchscheinenden Zellenkern (Fig. 177). Der Sporenschlauch besteht aus zwei Membranen, deren äufsere sich, wenn diese Schläuche durch Zusatz von süfsem Wasser aus der Frucht hervortreten, zurückzieht, wie Thuret dies auch für die Sporenschläuche von Fucus beobachtet hat. In der Frucht der Corallina finden sich keine Paraphysen, auch konnte ich weder in ihr und ebensowenig auf irgend einen Theil der Pflanze Organe entdecken, welche ich mit einiger Wahrscheinlichkeit für Antheridien ansprechen durfte.

Fig. 177.

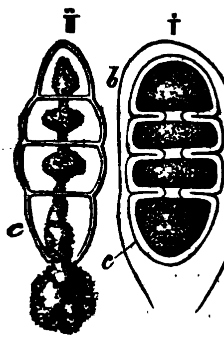


Bei einer anderen Gattung (Melobesia), die ohne Stämme zu bilden, flächenartig als röthlicher Kalküberzug die im Bereiche der Brandung befindlichen Felsen bekleidet, sind die Vierlingsfrüchte in das verkalkte Lager eingebettet und äufserlich schon als kleine kugelförmige Erhebungen mit einer runden Oeffnung auf dem Scheitel erkennbar. Neben den Sporenschläuchen, welche zwar kleiner als bei Corallina officinalis, denselben aber durchaus ähnlich sind, und wie diese durch Abschnürung in einer Längsreihe 4 membranlose Sporen mit centralem Zellenkern bilden, finden sich hier noch keulenförmige Paraphysen. — Eine

Fig. 177. Corallina officinalis. I Ein Sporenschlauch, dessen äufsere Membran (*a*) zurückgeschlagen ist, der körnige Inhalt der zweiten Membran (*b*) hat sich der Länge nach in 4 noch unter sich zusammenhängende Partieen abgeschnürt, deren jede einen centralen Zellenkern besitzt. II Ein Sporenschlauch, noch von seiner äufseren Membran (*a*) umhüllt, mit seiner Stielzelle (*x*). Die Abschnürung der Sporen ist hier vollendet. III Zwei aus dem Sporenschlauch herausgetretene Sporen, welche noch mit einander verbunden sind; ein verhältnifsmäfsig seltener Fall, da selbige meistens vollständig getrennt hervortreten. IV Eine Spore, die erst nach der Abschnürung eine Membran, von der sich der Inhalt zurückzieht, erhalten hat. V Kleine Zellen, welche sich zwischen den ausgebildeten Sporenschläuchen und zwar wie diese, am Grunde der Fruchthöhle festsitzend, finden. (Vergröfserung 200 mal.).

dritte Art endlich, ohne Stammbildung, wahrscheinlich ebenfalls eine Melobesia, hat ähnliche Fruchthöhlen, deren Decke jedoch viele und kleinere Oeffnungen besitzt. Die hier neben zahlreichen Paraphysen vorkommenden Sporenschläuche bilden ebenfalls durch Abschnürung 4 in einer Längsreihe liegende Sporen, welche sich aber dadurch wesentlich von den Sporen der beiden anderen Gattungen unterscheiden, dafs sich mit dem Beginn der Theilung um die sich theilende Masse sofort eine feste durchsichtige Membran abscheidet (Fig. 178).

Fig. 178.



Da diese drei gesellig mit einander und über einander vorkommenden verkalkten Algenarten im Bau ihres Lagers eine vollkommene Uebereinstimmung zeigen, so dafs man, wenn sie über einander wachsen, nicht wissen kann, wo die Eine aufhört und die Andere anfängt, so hielt ich anfänglich, da mir in Funchal alle literarischen Hülfsmittel fehlten, die beiden Arten, welche keine Stämme bilden, für weniger entwickelte Formen, die drei beschriebenen Früchte aber für eben so viele verschiedene Fruchtformen der Corallina. Trotz aller Mühe wollte es mir nicht gelingen, irgend eine dieser Sporen zur Keimung zu bewegen.

Die Geschlechtsorgane der Algen sind demnach sehr einfach; das **weibliche Organ** besteht aus einer Zelle, in der sich eine oder mehrere Befruchtungskugeln bilden und das **männliche Organ** ist ebenfalls, in den zweifellos festgestellten Fällen, eine Zelle, in der ein oder viele **Samenkörper** (Antherozoiden) entstehen. Diese aber sind kleine kugelige oder längliche Körper meistens mit zwei Wimpern von ungleicher Länge, welche im Wasser umherschwärmen. Ob diejenigen Bildungen, welche man bei den Florideen Antheridien nennt, wirklich

Fig. 178. Sporenschläuche einer wahrscheinlich zur Gattung Melobesia gehörigen Algenart. I Ein Sporenschlauch, mit seinem in halbvollbrachter Theilung befindlichen körnigen Inhalt, der, soweit die Abschnürung gediehen ist, von einer breiten, durchsichtigen, farblosen Membran umgrenzt ist, *b* die innere Membran des Sporenschlauches. II Der in der Theilung begriffene Inhalt eines anderen Sporenschlauches, aus welchem durch endosmotische Einwirkung des Wassers der körnige innere Theil, noch in der Mitte zusammenhängend, herausströmt. (Vergröfserung 400 mal.)

eine geschlechtliche Bedeutung haben, kann erst die Zukunft entscheiden. Bei den folgenden Abtheilungen der Kryptogamen sind die Geschlechtsorgane nicht mehr so einfach gebaut, sie bestehen nicht mehr aus einer einzigen Zelle, sondern sind oftmals von sehr complicirtem, aus vielen Zellen zusammengesetzten Bau, auch die Befruchtungskörper (Spermatozoiden) sind in den folgenden Abtheilungen anders gebaut, aber wie bei den Algen beweglich.

b) Ungeschlechtliche Fortpflanzung (Schwärmsporen).

§. 61. Als Schwärmsporen im engeren Sinne des Wortes bezeichnet man jetzt diejenigen Sporen, welche ohne vorhergegangene Befruchtung im Innern einer Mutterzelle entstanden sind und die der letzteren entschlüpft, mit Bewegungsorganen, Wimpern, versehen, eine Zeit lang umherschwärmen, darauf ganz allmälig stille werden und zuletzt keimen, während man, bevor die geschlechtliche Zeugung bei den Algen festgestellt war, auch diejenigen beweglichen Körper, welche nicht zur Keimung gelangten, wenngleich schon mit dem Argwohn einer geschlechtlichen Bedeutung, unter die Schwärmsporen zählte und da sie in der Regel viel kleiner sind, als Microgonidien unterschied. Jetzt aber werden die Schwärmsporen als bewegliche, ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen betrachtet. Sie sind noch nicht bei allen Algen nachgewiesen; für Spirogyra z. B. kennt man sie nicht; auch gehören diejenigen Bildungen im Innern dieser Fäden, welche ebenfalls in den Zellen anderer Algen und Charen vorkommen, deren Bedeutung man aber bisher nicht kannte und welche Itzigsohn, ohne allen Grund, für Samenfäden erzeugende Zellen (Spermatosphaerien) erklärt hat, gar nicht zur Spirogyra; Cienkowsky hat vielmehr bewiesen, dafs ein sehr kleiner Organismus, den er Monas parasitica nennt, diese Bildungen erzeugt. Das kleine, einem hellen Schleimtröpfchen ähnliche, Wesen, mit einer Wimper versehen, setzt sich nämlich auf der Spirogyrenzelle fest und kriecht in selbige hinein. Im Innern der Zelle nimmt es darauf nach längerem Umherschwärmen die so wechselnde Gestalt einer Amoeba an und ändert später auch diese, in einen ruhenden Zustand übergehend, und sich

---

[1]) Pringsheim's Journal Bd. I. p. 371. Man vergleiche auch p. 195, wo eine ähnliche nicht minder interessante Beobachtung desselben Verfassers über einen noch fraglichen Organismus (ob Thier oder Pflanze) mitgetheilt ist.

mit einer festen Membran bekleidend, dahin um, dafs selbige die Mutterzelle bildet, in welcher PRINGSHEIM die Pseudogonidien entstehen sah. In einer solchen Cyste bilden sich nämlich junge Monaden- oder Schwärmsporen, welche nach einander, einem Schleimtropfen gleich, aus der Cystenmembran hervorquellen. CIENKOWSKY glaubt, dafs auch ähnliche in Algenzellen vorkommende Gebilde, deren Inhalt später in eine Menge von Stärkmehlkörner zerfällt, diesem oder einem anderen parasitischen Organismus angehören.

Wie PRINGSHEIM bei Vaucheria den Act der Befruchtung zuerst sicherstellte, so entdeckte UNGER[1]) an derselben Pflanze die ersten Schwärmsporen, welche jetzt durch A. BRAUN, COHN, THURET, PRINGSHEIM, DE BARY und viele Andere schon für die Mehrzahl der Algen nachgewiesen sind. — Ich beobachtete das Entschlüpfen, Schwärmen und Keimen der beweglichen Sporen bei Ulothrix zonata und Chlamidococcus pluvialis A. BRAUN.

Ulothrix zonata bildet ziemlich lange unverzweigte Fäden von sehr ungleicher Breite, welche auf Steinen in rasch fliefsenden Gebirgswässern haften. Die Fäden bestehen aus einer einzigen Zellenreihe, die Zellen vermehren sich durch fortgesetzte Theilung des Primordialschlauches der Mutterzelle in zwei gleiche Hälften, die Membran der Mutterzelle wird nicht resorbirt, wohl aber durch die Verlängerung des Fadens ausgedehnt, die Zellen sind auf diese Weise förmlich in einander geschachtelt. Die Basis des Fadens, in der Regel ungleich schmäler, bildet das Haftorgan, dasselbe enthält keine Zellen. Das Chlorophyll ist als breites Querband in der Zelle vorhanden. — Ich fand diese schöne Alge am 1. Juni 1851 in der Schwarza bei Blankenburg am Thüringer Walde. — Nachdem ich an ihr die interessante, auf p. 81. Bd. 1 beschriebene Zellenbildung studirt, sah ich unter den höchst ungleich entwickelten jungen und alten Fäden einige, deren Zellen, statt des körnigen oder formlosen grünen Inhalts, zahlreiche mit Chlorophyll erfüllte Kügelchen umschlossen. Neben solchen Zellen fand ich, im demselben Faden, andere, die bereits entleert, seitlich eine unregelmäfsige zerrissene Oeffnung in der Zellenwand zeigten und noch andere, welche nur noch zwei oder drei dieser grünen Kügelchen enthielten. Die letzteren erschienen nicht mehr durchaus rund, vielmehr an einer Seite zugespitzt, dieser Seite aber fehlte der grüne

---

1) UNGER, die Pflanze im Momente der Thierwerdung. 1843.

Farbstoff, die Kügelchen bewegten sich munter im Raume der Zelle umher; es waren die Schwärmsporen. — Ich fand sie zuerst an einem Vormittage und zwar nur an wenigen ganz alten, sehr dickwandigen Fäden. Die aus der untergegangenen Mutterzelle entstandene Hüllhaut dieser Fäden war sehr aufgelockert, ja an der Aufsenseite schon fast aufgelöst, die verschiedenen Schichten oder Generationen der Mutterzellen, welche sie bildeten, waren nicht mehr erkennbar. Die Hüllhaut eines solchen, alten, Fadens verwandelte sich beim Kochen mit Aetzkali in eine körnige Masse, während sich die Hüllhaut jüngerer Fäden nicht sichtbar veränderte. Die freigewordenen Schwärmsporen bewegten sich munter im Wasser umher, ihre Bewegung war zunächst eine Drehung um sich selbst, zumal wenn die Längsachse der Zelle senkrecht stand; die Sporen blieben in diesem Falle so ziemlich auf demselben Platze. Lag dagegen die Schwärmzelle mit ihrer Längsachse wagrecht oder geneigt, so erschien die Bewegung etwas anders, die Spore drehte sich ebenfalls um ihre Längsachse, schritt aber dabei gleichzeitig mehr oder weniger rasch vorwärts. — Die Schwärmsporen wurden durch Chlorzink-Jodlösung, desgleichen durch Jod und Schwefelsäure, wenn sie noch in der Mutterzelle lagen, dunkel gefärbt, eine Zellstoffmembran schienen sie nicht zu besitzen. Ich fand in der Mitte des Juli nur verhältnifsmäfsig wenig Fäden mit Fructification, dagegen Zellenbildung in allen Stadien, meine Beobachtungen blieben sowohl deshalb, als auch anderer mir augenblicklich wichtigerer Untersuchungen halber, unvollständig. — Starke audauernde Regengüsse, welche den Wasserstand der Schwarza sehr bedeutend erhöheten, hatten bald darauf die Pflänzchen gänzlich fortgeschwemmt und, wie ich fürchtete, für den Sommer vernichtet; aber schon in den ersten Tagen des Augusts sah ich ganz junge Exemplare der Ulothrix als grüner Anflug auf den Steinen und am 12. August konnte ich die unterbrochenen Beobachtungen vollenden. Ich begann die Untersuchung vor 6 Uhr Morgens mit ganz frischen, unmittelbar aus der Schwarza gehobenen Exemplaren; die reifen Mutterzellen waren durch die Nachbarschaft bereits entleerter Zellen desselben Fadens leicht erkennbar. — Wenn ich die eine oder andere noch nicht entleerte Zelle eines solchen Fadens lange und aufmerksam betrachtete, sah ich die reifen Schwärmsporen sich nach der einen Seite der Zelle drängen, die Zellenwand dieser Seite sich nach Aufsen dehnen und, immer dünner und dünner werdend, endlich platzen (Taf. VI.

Fig. 21 *a, b, c.*). Der ganze Inhalt, aus 10—30 und mehr Schwärmsporen bestehend, trat in der Regel in Form eines maulbeerartigen Haufens oder Kranzes aus der Mutterzelle hervor, seltener entschlüpften die Schwärmsporen einzeln dem Rifs der Mutterzelle. Die mit einander, wie es scheint, verklebten Schwärmsporen lagen meistens noch ein Weilchen stille, dann trennten sich plötzlich mehrere von ihnen in rascher Bewegung davon eilend; bisweilen ging auch die ganze Masse gleichzeitig nach allen Seiten aus einander. Zwischen den grüngefärbten Schwärmzellen fand ich bei sorgfältiger Beobachtung r e g e l m ä f s i g eine grofse kugelrunde, wasserhelle, kaum sichtbar zu machende, unbewegliche Blase, die $\frac{2\frac{1}{2}-3}{300}$ millim. mafs (Taf. VI. Fig. 21 und 22 *a.*). Ihr Inhalt schien schleimiger Natur, Schleimbläschen sammelten sich hier und da im Umkreis derselben, ihre Bedeutung ist mir noch jetzt räthselhaft, ich halte sie jedoch für den Zellankern der Mutterzelle, in welcher die Schwärmsporen entstanden sind; Thuret hat ganz dieselbe Erscheinung bei Chaetomorpha [1]) beobachtet. Der fragliche Zellenkern lag jederzeit in der Mitte der Mutterzelle von den Schwärmsporen umgeben. Die Bewegung der Schwärmzellen war bald nach dem Entschlüpfen am lebhaftesten. Wo mehrere Ulothrix-Fäden, unfern von einander liegend, einen mäfsigen Raum begrenzten, hielten sich die freigewordenen Schwärmsporen innerhalb dieses Raumes, ihre Bewegung liefs sich alsdann sehr schön und deutlich studiren. Die Drehung der Schwärmsporen erfolgte in der Regel von rechts nach links, also, da das Mikroskop das Bild umkehrt, in der Wirklichkeit von links nach rechts, die Zellen tanzten lustig neben einander her; wenn sich die Schwärmzelle mit ihrer Längsachse wagrecht zeigte, so ging sie rasch und scheinbar willkührlich, bald nach rechts bald nach links steuernd, von der Stelle. Während der Bewegung waren keine Wimpern sichtbar, die Umgrenzung der Schwärmzelle war scharf, aber ohne doppelte Contour, der Inhalt erschien körnig, in der Mitte zeigte sich ein weifser, scharf umgrenzter runder Fleck, der Z e l l e n k e r n. Die Bewegung der Schwärmsporen dauerte nur kurze Zeit, selten länger als eine halbe oder ganze Stunde: die Schwärmzelle begann darauf zu keimen. — Zusatz von Jodlösung hemmte das Schwärmen der Sporen augenblicklich, der körnige Inhalt färbte sich braungrün, an dem spitzen Ende der Schwärmspore erschienen drei zarte Wimpern;

[1]) Annales des sciences naturelles Tom. XIV. No. 4. Taf. XVII. Fig. 1.

alle von einem Punkte, der chlorophyllfreien Spitze, ausgehend; etwa doppelt so lang als der Körper der Schwärmzelle, waren dieselben nach drei Richtungen von einander gebreitet (Taf. VI. Fig. 23 *a*, *b*, *c*.). — Um die Wimpern deutlich zu sehen, bedarf es einer starken Objectiv- und schwachen Ocular-Vergröfserung (400mal), sowie einer sehr sorgfältigen Beleuchtung; man mufs das Licht vermittelst der Cylinderblendung dämpfen. Die bewegliche Spore mifst in der Regel $\frac{1}{166}$ millim., selten fand ich doppelt so grofse, ebenfalls bewegliche Sporen, deren nur wenige in einer Mutterzelle entstanden waren; beide, die grofsen sowohl als die kleineren, keimten. — Sobald die Bewegung abnahm, verlängerte sich die Spore, endlich lag sie stille; nicht selten kehrte nach 5 oder 10 Minuten Ruhe eine zuckende, dem Drehen der sogenannten Unruh der Taschenuhren ähnliche, Bewegung zurück. Die Spore hatte eine längliche, oftmals schwach gekrümmte, bohnenförmige Gestalt angenommen, der grüne Inhalt hatte sich meistens nach der einen Seite gezogen. Jetzt hörte die Bewegung gänzlich auf; das ursprünglich schmälere farblose Ende der Schwärmzelle (Thuret's Schnabel) blieb meistens schmäler als das andere, es ward späterhin, indem es sich an vorhandene Gegenstände hängte, zum Haftorgan. Im Innern der keimenden Spore schienen sich nunmehr durch Theilung eines vorhandenen Zellenkerns zwei neue Zellenkerne zu bilden (Taf. VI. Fig. 24 *a* — *e*.), nicht selten sah ich etwas später zwischen den beiden neuen Kernen einen kleinen linsenförmigen braunen Körper (wahrscheinlich der ursprüngliche Zellenkern der Schwärmspore). 6 — 8 Stunden nach dem Entschlüpfen war aus der Anfangs runden, an einem Ende zugespitzten Spore ein kleiner, länglicher Faden, 4 bis 6 mal so lang als die Schwärmspore, geworden, das schmälere Ende dieses Fadens bildete das Haftorgan. Bisweilen, wenngleich selten, keimten einzelne zurückgebliebene Sporen in der Mutterzelle (Taf. VI. Fig. 21 *d*.). Sobald die Keimung begann, waren die Wimpern verschwunden. — Chlorzink-Jodlösung, sowie Jod und Schwefelsäure, bewirkten keine sichtbare blaue Färbung des Umkreises der keimenden Schwärmspore, aber dennoch schien bereits eine zarte Zellenstoffmembran vorhanden zu sein, da sich der Inhalt nicht selten schlauchartig von einer solchen zurückzog. Thuret's[1]) Beobachtungen über Ulothrix rorida Thur. stimmen mit den meinigen sehr wohl, Thuret

[1]) Thuret, Annales des sciences. Tom. XIV. No. 4.

hat dort das Entstehen, Entschlüpfen und Keimen der Sporen in derselben Weise beobachtet, die grofse helle Blase (den Zellenkern?), um welchen sich die Schwärmsporen bilden, hat er dagegen nicht gesehen. Die Schwärmspore selbst ist bei Ulothrix rorida an beiden Enden zugespitzt, sie trägt nach THURET vier Wimpern, während ich bei Ulothrix zonata nur einmal vier, im Allgemeinen aber drei Wimpern beobachtet habe. Bei Microspora kommen nach THURET Schwärmsporen mit drei und vier Wimpern vor; aufserdem ist die Dreizahl der Wimpern bis jetzt nicht beobachtet. THURET sah die Sporen häufig innerhalb ihrer Mutterzellen keimen. Ulothrix rorida bildet wie Ulothrix zonata viele Schwärmsporen in einer Mutterzelle, Ulothrix mucosa Thur. entwickelt dagegen nur eine Schwärmspore mit vier Wimpern. — Ueber das eigentliche Werden der Schwärmzellen innerhalb der Mutterzelle konnte THURET ebenso wenig als ich etwas Sicheres wahrnehmen, die Gegenwart der centralen Blase bei Ulothrix und Chaetomorpha zeugt gegen eine Theilung des Primordialschlauches[1]). PRINGSHEIM[2]) sah bei Achlya prolifera die Theilung des körnigen Inhalts im Umkreis der Mutterzelle. THURET spricht ebenfalls von einer Verdichtung des Zelleninhalts, es scheint mir danach, als wenn der letztere, von der Peripherie ausgehend, vielleicht um zuvor entstandene Kerne (?) ganz allmälig in so viele Theile zerfällt, als Schwärmsporen entstehen.

Bei Chlamidococcus pluvialis erfolgt das Entschlüpfen und die Bewegung der Schwärmsporen in ähnlicher Weise als bei Ulothrix. Die einzellige ausgebildete Pflanze mifst höchstens $\frac{15}{100}$ millim. im Durchmesser, sie ist kugelrund, ihre Membran ziemlich stark, mit doppelter Contour sichtbar, ihr Inhalt körnig, entweder braunroth oder gelbgrün, in der Mitte roth, seltener auch im Innern gelb oder grün gefärbt (Taf. VI. Fig. 25). Diese einfache Zelle wird durch Theilung ihres Inhalts zur Mutterzelle, es bilden sich in ihr zwei, häufiger vier Tochterzellen (Taf. VI. Fig. 26 u. 27). Die letzteren sind, wenn sie der Mutterzelle entschlüpfen, eiförmig, sie drängen sich gegen die eine Seite der Mutterzelle, die Membran dehnt sich an dieser Stelle aus und platzt endlich, worauf die Tochterzellen als Schwärmsporen nach

---

[1]) Ich habe hier die Bezeichnung Primordialschlauch für die feste, im Wasser nicht zerfliefsende, Umgrenzung des körnigen Inhalts der Zellen oder der Schwärmsporen, weil sie einmal gebräuchlich ist, beibehalten, verstehe aber unter Primordialschlauch mit PRINGSHEIM die Hautschicht des Protoplasma (Bd. 1. p. 49).

[2]) Acta Academiae Leop. Carol. Vol. XXIII. p. 402.

einander hervortreten (Taf. VI. Fig. 27 u. 28). Die jungen Schwärmsporen zeigen keine eigentliche Zellenmembran, sie bestehen aus einem Primordialschlauch und aus dessen Inhalt; der letztere ist körnig (Taf. VI. Fig. 30 u. 31), die Sporen tummeln, sich um ihre Längsachse drehend, munter im Wasser umher; etwas später erscheinen sie von einer sehr zarten, weiten Hülle umgeben. Die letztere sieht man nur bei gehöriger Regulirung des Lichtes, sie zeigt niemals eine doppelte Contour, der Primordialschlauch liegt niemals in ihrer Mitte, sondern jederzeit excentrisch, er berührt nirgends die Hülle; da wo er ihr am nächsten kommt, sieht man zwei lange zarte Wimpern, von einer kleinen Verlängerung des Primordialschlauches ausgehend, durch die Hülle treten; diese Wimpern sind 1½ bis 2mal so lang als der Primordialschlauch, wenn sich der Faden bewegt, drehen sich dieselben spiralförmig um einander (Taf. VI. Fig. 30 u. 31). Der Primordialschlauch ändert häufig seine Gestalt; während der Bewegung der Schwärmzelle dreht er sich sichtbar innerhalb der stets glatten und meist kugelrunden Hülle, derselbe scheint demnach, gleich der Membran der Infusorien, contractil zu sein. Er schien mir anfänglich aufser den beiden langen, die Hülle durchbrechenden Wimpern noch in seinem ganzen Umkreis mit zarten Wimpern bekleidet, später erkannte ich jedoch in diesen scheinbaren Wimpern Schleimfäden, welche vom Primordialschlauch zur Hülle verliefen; Cohn hat sie ebenfalls gesehen und ebenso gedeutet. Die Bewegung der Schwärmzellen entspricht der Bewegung der Sporen von Ulothrix, doch ist sie etwas langsamer, das die Wimpern tragende Ende der Zelle geht voran. Ich beobachtete ihre Bewegung von 5 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags; nach A. Braun schwärmen dieselben mehrere Tage. Nach 6 Uhr Morgens sah ich keine neue Schwärmzellen entschlüpfen, bei Ulothrix entleerten sich dagegen auch des Nachmittags einzelne Mutterzellen; Vormittags war die Bewegung der Schwärmsporen von Chlamidococcus lebhafter als Nachmittags. Die Schwärmzelle schritt meistens in gerader Richtung vorwärts. Der Primordialschlauch und seine Hülle vergröfserten sich Anfangs gleichzeitig, später dehnte sich nur der letztere, sich dicht an die vormals weit von ihm abstehende Hülle legend; jede Bewegung hörte alsdann auf und die beiden langen Wimpern waren verschwunden. Statt der zarten Hülle erschien bald darauf eine Membran mit doppelter Contour; und die einzellige Pflanze war vollendet. — Die Färbung des Inhalts der Sporen war sehr verschieden, ich fand ihn sowohl gelb, als grün

und roth; häufig am Rande grün, in der Mitte roth, in der Regel schimmerte dort ein heller Kern (der Zellenkern) durch; die Färbung der jungen Pflanze war ebenso verschieden. Die Zeit, welche zur völligen Ausbildung nothwendig, kann ich nicht bestimmen, da es mir nicht gelang ein Individuum für die ganze Zeit seiner Entwickelung zu fixiren. — Chlorzink-Jodlösung färbte die Zellenmembran der fertigen Pflanze ebenso wenig als die Hülle der sich bildenden; der Primordialschlauch zog sich zusammen; es zeigte sich hierbei, dafs die freiwerdende Schwärmspore keine Zellenmembran besitzt. Jod und Schwefelsäure bewirkten eine schwach blaue Färbung der Zellenmembran; nach dem Kochen mit Kali[1]), welches im Ansehen der Zelle nichts änderte, ward die Membran der ausgebildeten Zellen durch Jod und Schwefelsäure hellblau gefärbt; es häutete sich dabei die Zelle, eine blau gefärbte zarte Membran streifte sich ab und unter derselben erschien eine dickere, aufgequollene, farblose Haut, welche den zusammengezogenen Primordialschlauch umgab. Die Membran der bereits entleerten Mutterzellen (Taf. VI. Fig. 29), färbte sich ebenfalls hellblau. Concentirte Schwefelsäure zerstörte sowohl die Membran der fertigen als die Hülle der sich bildenden Zellen. — Die ganz junge Schwärmspore von Chlamidococcus ist demnach, wie A. Braun sehr richtig angiebt, ein freier Primordialschlauch[2]), die weite Hülle dagegen, welche sich um selbigen bildet, ist eine ächte Zellenstoffmembran; der Primordialschlauch ist contractil, er ändert scheinbar willkürlich seine Gestalt, und dreht sich innerhalb der Hülle hin und her (?); die beiden langen Wimpern entspringen dem Primordialschlauch. Die Hülle dagegen ändert nicht ihre Gestalt, sie bleibt rund und glatt, sie verhält sich wie todt zum lebendigen Primordialschlauch. — Die Hülle, sowie die sich später unter ihr bildende eigentliche Zellenmembran bestehen aus Zellenstoff; die letztere bildet sich erst, nachdem der Primordialschlauch sich unmittelbar an die ihn umgebende Hülle gelegt hat, beide sind demnach später als der Primordialschlauch, und zwar höchst wahrscheinlich aus ihm entstanden,

---

[1]) Ich brachte eine ziemliche Menge der aufgeweichten Zellen in ein Porzellanschälchen; nach 2 Minuten langem Kochen mit einer geringen Menge Kalilauge füllte ich das Schälchen bis zum Rande mit Wasser, die Zellen setzten sich bald an den Grund des Gefäfses, ich gofs das Wasser ab und füllte das Gefäfs noch zweimal mit frischem Wasser.

[2]) Ich verstehe wieder unter Primordialschlauch eine consistenter gewordene Umgrenzung der Hautschicht (p. 223).

indem die erste sich verdichtende Schicht der Hautschicht zur äufseren Hülle, die zweite Schicht aber zur inneren Umhüllung oder zur eigentlichen Zellenmembran wird. Sobald der Primordialschlauch die Hülle berührt, hört die Bewegung der Spore auf und die langen Wimpern verschwinden. Das Bewegungs-Organ der Schwärmzellen, wie der beweglichen Spiralfäden in den Antheridien, ist demnach der thierischen Membran verwandt, es besteht nicht aus Zellstoff, sondern wahrscheinlich aus einer Protein-Verbindung. — In der jungen, noch von der Mutterzelle umschlossenen Schwärmspore zeigt sich häufig ein centraler gelb oder roth gefärbter Fleck, welcher häufig sehr schön als Zellenkern sichtbar ist (Taf. VI. Fig. 28). Die jungen Zellen sammeln sich gern an den Rand des Gefäfses, sie scheinen namentlich die dem Licht zugewandte Seite zu suchen. — Nur ein geringer Theil der von mir eingeweichten Chlamidococcus-Zellen bildete Schwärmsporen, die gröfsere Zahl der Zellen blieb unverändert; ein gallertartiger etwas körniger Schleim umgab einige derselben. — Nach A. Braun's[1] Beobachtungen zeigt Chlamidococcus pluvialis gewissermafsen einen Generations-Wechsel; nachdem sich nämlich die Pflanze wochenlang in derselben Weise durch vier Schwärmsporen (Macrogonidien, Br.) vermehrt hat, bilden sich in der letzten dieser Generationen 16 bis 32 sehr kleine Schwärmzellen innerhalb einer Mutterzelle; diese kleinen Schwärmzellen, welche Braun Microgonidien nennt, scheinen sich nicht weiter zu entwickeln; die Fortpflanzung ist alsdann beendigt, die vorhandenen Zellen sterben allmälig ab. Läfst man sie dagegen eintrocknen, so beginnt nach dem Erweichen die Vegetation aufs neue, und die Zellen bilden wie vorhin vier Schwärmzellen. Durch das Eintrocknen mufs, wie A. Braun bemerkt, eine chemische Veränderung des Zelleninhalts bewirkt werden; nach ihm brachten sieben Jahre lang im Herbar bewahrte Exemplare nach dreitägigem Einweichen bewegliche Sporen. — Nicht alle Zellen des Chlamidococcus entwickeln nach A. Braun Schwärmsporen, auch die Localität scheint hier von grofsem Einflufs; vollständig unter Wasser gebracht, vermehrt sich die Pflanze in der Regel durch Schwärmsporen, an feuchten luftigen Orten dagegen mehr durch eine einfache Theilung in zwei oder durch eine wiederholte Theilung in vier unbewegliche Tochterzellen, die Membran der Mutterzelle wird in diesem Falle nicht wie bei den Schwärm-

[1]) A. Braun, die Verjüngung in der Natur. p. 147, 169, 197, 213 u. 219.

sporen gesprengt, sie verschwindet vielmehr ganz allmälig. — Bei der von mir untersuchten Ulothrix ändert sich gleichfalls nach den Verhältnissen die Weise der Vermehrung. Die zu Anfang Juli untersuchten Pflanzen vermehrten sich namentlich durch Theilung, die vegetative Zellenbildung und das Ablösen größerer Fadenstücke waren vorherrschend, die Hüllhaut ward durch eine große Zahl nach einander folgender vegetativer Generationen sehr verdickt, die Bildung der Schwärmzellen, welche jederzeit ein Absterben der Mutterzelle zur Folge hat, zeigte sich nur in den allerältesten Fäden, sie war eine verhältnißmäßig seltene Erscheinung. Bei den zu Anfang August gesammelten jungen Exemplaren dagegen war die normale (vegetative) Zellenbildung schwach vertreten, die Hüllhaut der Fäden war deshalb nur schwach entwickelt, dagegen war die Bildung der Fortpflanzungszellen vorherrschend, sämmtliche Zellen eines jungen Fadens waren häufig schon entleert oder im Entlassen ihrer Schwärmsporen begriffen. Die Witterung war zu Anfang August wärmer und trockener, der Wasserstand der Schwarza war ungleich niedriger als im Juli. — Die Natur scheint die Vegetations- und Fortpflanzungs-Verhältnisse der höchsten wie der niedrigsten Pflanzen genau bedacht, und selbige durch den Entwickelungs-Proceß selbst, der sich den Umständen accommodirt, vor dem Untergang geschützt zu haben. Die Zelle des Chlamidococcus und jede Zelle des Fadens der Ulothrix kann nämlich, den Umständen nach, bald als Vegetations- und bald als Fortpflanzungs-Organ auftreten; die höheren Gewächse, von den Moosen und Lebermoosen an, können sich durch Brut-Knospen und durch Samen vermehren; wo die Knospenbildung vorherrscht, ist die Bildung des Samens in der Regel beschränkt; wo sich der Same reichlich entwickelt, wird die Knospenbildung unterdrückt. Ein Gesetz beherrscht auch hier das ganze Pflanzenreich.

Sehen wir jetzt, was uns die neueste Zeit über die so interessanten, von Unger[1]) zuerst genau beobachteten beweglichen Sporen der Algen brachte. Nach A. Braun trägt der sogenannte Primordialschlauch die Wimpern der Schwärmzelle sowohl bei Vaucheria, wo sie im ganzen Umkreis vorhanden sind, als auch bei Chlamidococcus und vielen anderen, wo sie nur an einer bestimmten Stelle in geringer Anzahl vorkommen (Taf. VI. Fig. 19, 28, 30 — 32). Sobald die

---

[1]) Unger, die Pflanze im Moment der Thierwerdung. 1843.

Keimung beginnt und sich über den Primordialschlauch eine Zellenstoffhülle bildet, ist die Bewegung der Schwärmsporen beendigt. Auch die Schwärmspore von Vaucheria hat nach Unger's neuesten Angaben einen mit Wimpern besetzten Primordialschlauch. Braun sah bei Vaucheria eine Spore entschlüpfen und sich während des Durchgangs in zwei Theile theilen, jeder Theil bildete eine neue nur halb so grofse Spore, die eine Hälfte keimte innerhalb, die andere aufserhalb der Mutterpflanze.

Thuret's [2]) zahlreiche Beobachtungen stehen überhaupt mit Braun im vollsten Einklang, die schwärmenden Algensporen scheinen nach ihm aus einer halbfesten homogenen Masse zu bestehen, eine wirkliche Zellenmembran scheint ihnen anfangs zu fehlen; sobald die Schwärmsporen keimen, bildet sich dagegen um selbige eine Membran, die Wimpern verschwinden, die Spore haftet an irgend einen Gegenstand, sie verlängert sich und in ihr entstehen Zellen. — Thuret nennt diese schwärmenden Sporen, welche späterhin keimen, Zoosporen; er unterscheidet nach der Zahl und Stellung der Wimpern fünf Arten schwärmender Algensporen. Mit einem Wimper-Epithelium (Vaucheria), mit einem Wimperkranz am Schnabel (Oedogonium, Derbésia), mit vier Wimpern am Schnabel (Microspora, Ulothrix, Draparnaldia, Chaetophora u. s. w.), mit 2 Wimpern am Schnabel (Bryopsis, Chaetomorpha, Microspora, Achlya u. s. w.) und endlich mit einer längeren und einer kürzeren Wimper seitlich befestigt (bei den Phaeosporeen, z. B. Ectocarpus, Laminaria u. s. w.). Er fand häufiger 2—4, am seltensten zahlreiche über den ganzen Umkreis der Sporen verbreitete Wimpern, welche sich sehr schnell bewegten; Thuret benutzte, um sie zu sehen, suspendirte Farbstoffe, er verlangsamte ihre Bewegung durch Opium. Anwendung von Jodwasser, von Alkohol, von Ammoniak und Säuren hemmte die Bewegung gänzlich; die so behandelten Sporen keimten nicht mehr. Die Schwärmzellen werden nach Thuret in den frühen Morgenstunden frei, ihre Bewegung dauert einige Stunden, selten über einen Tag, eine gemäfsigte Wärme begünstigt ihr Freiwerden und die Fortdauer der Bewegung; eine zu grofse Wärme vernichtet sie. — Thuret fand aufserdem noch bei vielen Arten

---

[1]) Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen p. 82.

[2]) Rapport sur le concours du grand prix etc. Annales des sciences naturelles. 1850 Juin. Thuret sur les zoospores des Algues. Annales des sciences natur. Tom. XIV. No. 4.

zweierlei Schwärmsporen, welche beide keimten, z. B. bei Bryopsis, Microspora, Phycoseris; die gröfseren hatten vier, die kleineren zwei Wimpern. Die Bewegungs-Organe beider Arten der Sporen sind schwingende Wimpern, sie erscheinen, sobald die Spore frei wird und verschwinden, sobald sie unbeweglich wird und keimt. — A. Braun sah ebenfalls bei Hydrodictyon und mehreren anderen Algen zweierlei bewegliche Sporen; bei Hydrodictyon bilden sich nach ihm in einigen Zellen des Netzes gröfsere, minder zahlreiche Sporen (Macrogonidien), in anderen Zellen desselben Netzes dagegen kleinere, zahlreichere Sporen (Microgonidien), die ersteren, für kurze Zeit in zitternder Bewegung, bilden innerhalb der Mutterzelle ein Tochternetz, das durch allmällige Auflösung der Mutterzelle frei wird, während die kleinen aus der sich öffnenden Mutterzelle hervortreten, vier lange Flimmerfäden und einen wandständigen rothen Punkt besitzen, oft stundenlang munter umherschwärmen und endlich stille liegen und absterben. Die frühen Morgenstunden sind auch nach ihm dem Freiwerden beweglicher Algensporen besonders günstig.

Die Schwärmspore ist während ihres ganzen Lebens Pflanzenzelle. Scheinbar freiwillige Bewegung und schwingende Wimpern sind demnach nicht mehr, wie man früher glaubte, ein Beweis für die thierische Natur eines organischen Wesens; und eben so wenig beweist die Gegenwart des Zellenstoffs die Natur der Pflanze; im Mantel der Ascidien findet sich Pflanzenzellenstoff in Menge[1]). Es giebt Organismen, von den man zur Zeit nicht sagen kann, ob sie Thiere oder Pflanze sind (p. 195. p. 218). Auch hat Cohn gezeigt, dafs einige einzellige Algen sich unter Umständen wie die Infusorien encystiren, d. h. mit einer festen Hülle umkleiden und innerhalb derselben ruhig verblieben, um erst später wieder lebendig zu werden. Die Beobachtung selbst mufs hier allein den Ausschlag geben; ein Körper, der einer Pflanze entschlüpft, eine Zeitlang scheinbar freiwillig umherschwärmt, dann stille liegt und selbst wieder zur neuen Pflanze wird, kann niemals, obschon er häufig einen rothen Punkt und Wimpern besitzt, ein Thier sein. Ein Geschöpf dagegen, gleichfalls ohne innere Organe, welches ohne zu keimen andere ihm ähnliche Geschöpfe erzeugt, oder sogar zu einem mit bestimmten Organen versehenen Thiere wird, mufs von Anfang an ein Thier gewesen

[1]) Schacht, Mikroskopisch-chemische Untersuchung des Mantels der Ascidien. Müller's Archiv 1851.

sein. Die Entwickelungsgeschichte und die genaue Beobachtung der Lebenserscheinungen kann hier allein entscheiden; wer einmal das Leben der Schwärmsporen genau verfolgt, sich mit der Art ihrer Bewegungen vertraut gemacht, wird solche wohl in den meisten Fällen von den häufig neben ihnen vorhandenen Infusorien unterscheiden können. Die Infusorien bewegen sich willkürlich, sie stehen bald stille, gehen bald schnell, bald langsam, und spielen scheinbar mit anderen, ihnen verwandten, Geschöpfen; die Schwärmsporen dagegen bewegen sich ungleich regelmäfsiger, und liegen erst stille, wenn sie keimen. Die Aufnahme fester im Wasser vertheilter Stoffe in den Körper eines organischen Wesens ist kein sicherer Beweis für die Gegenwart einer organischen Oeffnung, denn es ist noch nicht entschieden, ob bei einer gallertartigen oder halbfesten Umgrenzung nicht feste Körper eindringen können, ohne dafs nachher eine durch sie entstandene Oeffnung sichtbar bliebe. Die Nichtaufnahme solcher Stoffe kann andererseits nichts gegen die thierische Natur beweisen. — Nach F. Cohn[1]) gehören auch die Volvocinen (Volvox, Globator, Stephanosphaera) dem Pflanzenreich; jede Schwärmspore ist ähnlich wie bei Chlamidococcus mit zwei Wimpern versehen, die Membran der Mutterzelle verbleibt als Hülle um die Schwärmsporen[1]).

Sehr interessant ist noch das von A. Braun[2]) für einige einzellige Algen nachgewiesene Schmarotzerleben, wodurch manche bisher räthselhafte Verhältnisse der Algen erklärt werden. Die von Braun aufgestellte Gattung Chytridium besteht nämlich aus Organismen, welche sich entweder auf eine andere im Wasser lebende Pflanze äufserlich festsetzen, oder mit einer Verlängerung wurzelartig in dieselbe eindringen und im Innern der Nährpflanze ihr eigenes Leben führen. So ernährt selbst die einzellige Alge Gleococcus mucosus nicht selten eine noch kleinere einzellige Schmarotzeralge, das Chytridium apiculatum. Viele dieser einzelligen kleinsten Schmarotzerpflanzen sind auf eine ganz bestimmte Nährpflanze angewiesen, so lebt eine Art (Chytridium pollinis) nur auf dem Blüthestaub der Kiefer, 3 andere Arten aber werden nur auf bestimmten Oedogonien-Arten gefunden, andere dagegen nehmen mit verschiedenen Nährpflanzen fürlieb, was an die

---

1) Cohn, eine neue Gattung der Volvocinen. v. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift Bd. V. 1854. Ders. mit Vichura über Stephanosphaera pluvialis. Acta acad. L. C. XXVI. p. 1.

2) A. Braun, über Chytridium. Abhandl. der Berliner Akademie 1856.

höheren Schmarotzerpflanze erinnert, von denen einige ebenfalls auf ganz bestimmte Nährgewächse angewiesen sind (Cytinus hypocistis wird nur auf Cistus-Arten gefunden), während andere weniger wählerisch sind; die Mistel (Viscum album) lebt auf den meisten Laub- und Nadelbäumen. Auch Pythium entophytum gehört nach PRINGSHEIM zu den Schmarotzeralgen; es lebt in den Copulationskörpern der Spirogyren und wächst wieder aus ihnen hervor, um nach Art der Saprolegnia (Fig. VI. Taf. 20), seine Oogonien zu bilden. Ebenso gehört vielleicht die von CIENKOWSKY entdeckte Monas parasitica, durch welche die Pseudogonidien im Innern der Spirogyren-Zelle entstehen (p. 218), zu den einzelligen Schmarotzeralgen. KLOSS [1]) und CIENKOWSKY [2]) haben das Eindringen der Chytridium- und Rhizidium-Schwärmsporen in das Innere der Confervenzellen direct nachgewiesen.

Eine dritte Vermehrungsart, durch sich aus dem Verband lösende vegetative Zellen, ist außerdem noch für die Algen bekannt. Für Spirogyra ist bis jetzt sogar nur die Fortpflanzung durch die ruhenden Copulationssporen, vermittelst welcher die Pflanze überwintert und durch sich ablösende vegetative Zellen (Brutzellen) nachgewiesen, welche sich in der eigenthümlichen, Bd. 1. p. 186 beschriebenen, Weise von dem Faden abgliedern und neue selbstständige Exemplare bilden, und so während der Sommerzeit die Vermehrung dieser Pflanze übernehmen. Bei Ulothrix dagegen geschieht die Fortpflanzung auch im Sommer bald vorzugsweise durch Schwärmsporen und bald fast ausschließlich durch Brutzellen (Bd. 1. p. 227). Die Umstände, unter welchen diese einfachen Gewächse leben, scheinen überhaupt einen sehr wesentlichen Einfluß auf ihre Lebensweise selbst auszuüben; so erfolgt die Encystirung der einzelligen Algen, nach COHN und CIENKOWSKY immer unter ganz bestimmten Verhältnissen. — Bei Prasiola lösen sich nach JESSEN [1]) die Zellen des Randes ähnlich den Randzellen der Blätter vieler Lebermoose (Jungermannia anomala) aus dem Verbande und bilden neue Pflanzenexemplare. Ebenso fand ich auf Steinen am Meeresstrande zu Funchal häufig eine kleine grüne ulvenartige Alge, welche in gleicher Weise aus Brutzellen neue Pflanzen erzeugte; ganze Stücke des nur aus einer Zellenschicht bestehenden Laubes lösten sich hier auf einmal aus dem Verbande, um

---

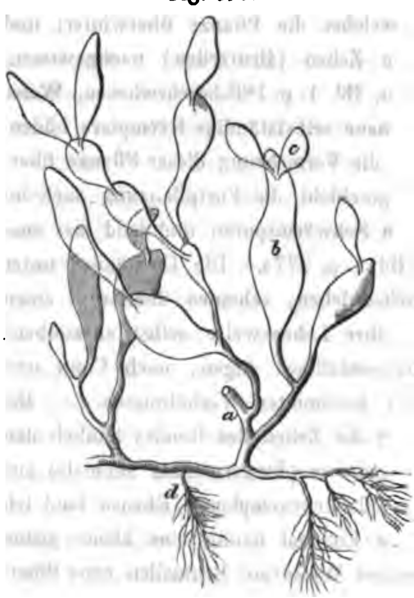
[1]) KLOSS, Monatsbericht der Berliner Akademie December 1856.
[2]) CIENKOWSKY, Botanische Zeitung 1857. No. 14.

wieder in ihre einzelnen Zellen zu verfallen, welche bald darauf keimten.

Es giebt demnach für die Algen zweierlei Arten der ungeschlechtlichen Fortpflanzung, ja es scheint sogar, als ob einige derselben mit zweierlei Formen keimfähiger Schwärmsporen versehen wären (Bryopsis, Microspora, Phycoseris), was an den Dimorphismus in der Fructification der Pilze erinnern würde.

Einzellig nennt man diejenigen Algen, welche entweder wirklich als vollkommen ausgebildete Pflanzen nur aus einer Zelle bestehen, wie Chlamidococcus und Caulerpa, oder wo mehrere Zellen entweder faden- oder flächenartig verbunden sind, jede Zelle aber denselben Werth besitzt und deshalb als vegetative Zelle, aber auch als Vermehrungsorgan auftreten kann (Ulothrix, Spirogyra, Hydrodictyon, Palmella). Als Zellencolonieen dagegen bezeichnet man solche Algen, wo mehrere oder viele unter sich gleiche, aber für sich bestehende, Organismen, für längere Zeit mit einander, entweder durch die sich ausdehnende Membran der Mutterzelle verbunden (Volvox, Stephanosphaera), oder sonst wie mit einander vereinigt bleiben (die Noctoc-Arten u. s. w.).

Fig. 179.



Bei Caulerpa bildet die einfache oftmals fuſslange Zelle von eigenthümlichem Bau (Bd. 1. p. 180), sowohl einen dünnen stielrunden Stamm als flache, nach der Art, vielgestaltige Blätter (Fig. 179). Der Stamm entsendet wieder vielfach verzweigte wurzelartige Ver-

Fig. 179. Ein kleines Stück der Caulerpa prolifera in natürlicher Gröſse. *a* Stengel, *b* Blatt, *c* junges Blatt, welches unter der Spitze des alten Blattes hervorsproſst, *d* Wurzel. (Andere Caulerpa-Arten haben zierlich gezähnte Blätter. Stengel, Blatt und Wurzel können hier nur der Gestalt und der Function nach, aber nicht anatomisch unterschieden werden.)

längerungen, die auch den Dienst wirklicher Wurzeln versehen und in welchen niemals Blattgrün, welches den blattartigen Ausbreitungen dieser Pflanze die grüne Farbe verleiht, vorkommt. Caulerpa ist eine einzellige Pflanze, an welcher man morphologisch und physiologisch Stamm, Blatt und Wurzel unterscheiden mufs, da diese Elementarorgane der höheren Gewächse sich hier gestaltlich und functionell differenziren, dagegen anatomisch nicht begründen lassen. Die Fortpflanzungsweise der Caulerpa ist leider noch gänzlich unbekannt, doch darf ich wohl annehmen, dafs, wie bei Vaucheria, Schwärmsporen aus der Spitze der Blätter entlassen werden, weil ich bei älteren Blättern an dieser Spitze eine durch Bildung jüngerer Zellstoffschichten wieder geschlossene Oeffnung finde, bei jungen Blättern aber an dieser Spitze kugelförmige, grün gefärbte Anhäufungen, den unfertigen Schwärmsporen der Vaucheria ähnlich, angetroffen habe.

Schwärmsporen, oder freie bewegliche Fortpflanzungszellen, sind nur für die Algen bekannt[1]).

---

[1]) Zur Literatur über die Fortpflanzung der Algen:

Areschoug, die Copulation der Zygnemaceen. Bot. Zeit. 1855. p. 564. Flora 1855. p. 675.

de Bary, Zur Kenntnifs der Achlya prolifera. Bot. Zeit. 1852. p. 473. — Ders., Ueber Oedogonium und Bulbochaete. Abhandl. der Senckenbergischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. Bd. I. — Ders., Ueber die Copulationsprocesse im Pflanzenreich. Bericht der naturforschenden Gesellschaft in Freyburg 1857.

Bayrhoffer, Entwickelung und Befruchtung von Thrombium Nostoc. Bot. Zeit. 1857. p. 137.

Braun, A., Algarum unicellularium genera nova et minus cognita. Leipzig 1855. — Ders., Chytridium, eine Gattung einzelliger Schmarotzergewächse. Abhandlungen der Berliner Akademie 1855. — Ders., die Verjüngung in der Natur. Leipzig 1850.

Caspary, R., Vermehrungsweise des Pediastrum ellipt. Bot. Zeit. 1850. p. 786.

Cienkowsky, L., Algeologische Studien. Bot. Zeit. 1855. p. 777. — Ders., Rhizodium conferva glomeratae. Bot. Zeit. 1857. p. 223. — Ders., die Pseudogonidien. Pringsheim's Journal 1857. p. 371. — Ders., Bemerkungen über Stein's Actineten-Lehre. 1855. — Ders., zur Genesis eines einzelligen Organismus. — Ders., Ueber meinen Beweis für die Generatio primaria. Mélanges biologiques T. II.

Cohn, F., Eine neue Gattung aus der Familie der Volvocinen. Zeitschrift von Siebold und Kölliker Bd. IV. 1852. — Ders., Entwickelungsgeschichte mikroskopischer Algen und Pilze. Acta L. C. Bd. 24. p. 1—156. — Ders., Entwickelung und Fortpflanzung der Sphaeroplea annulina. Monatsbericht der Berliner Akademie 1855. — Ders., Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Infusorien. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift 1853 und 1854. — Ders., über Chlamidococcus. Acta A. L. C. — Cohn und Wichura, Entwickelungsgeschichte der Stephanosphaera pluvialis. Acta A. L. C. XXVI.

Cramer, C., Entwickelungsgeschichte der Ceramieen. Nägeli's und Cramer's pflanzenphysiologische Untersuchungen 1857.

Crouan, Etudes microscopiques sur quelques alges nouvelles. Flora 1852.

Die Fortpflanzung der Charen.

§. 62. Die Charen, sämmtlich Wasserpflanzen, mit berindetem (Chara) oder unberindetem (Nitella) Stamm und Blättern (p. 39), schliefsen sich durch Coleochaete im Bau ihres weiblichen Organs den Algen an.

Das **weibliche Organ** der Charen, welches von den verschiedenen Schriftstellern eben so verschiedene Namen erhalten, aber wohl am richtigsten mit Hofmeister Archegonium oder Keimorgan genannt

---

Derbès et Solier, Sur les organes reproducteurs des algues. Annal. des sciences nat. 1851.
Dippel, zur Fortpflanzung der Vaucheria sessilis. Flora 1856. p. 481.
Fischer, Beitrag zur Kenntnifs der Nostochinen. Bern 1853.
Focke, Physiologische Studien. Heft 1 u. 2. Bremen 1847 u. 1854.
Fresenius, Controverse der Verwandlung der Infusorien in Algen. Frankfurt a. M. 1847.
Jessen, C., Prasiolae gen. alg. monographia. Kiliae 1848.
Itzigsohn, die Algengattung Psychohorminum. Flora 1854. p. 17. — Ders., Männlicher Apparat der Spirogyra und anderer Conferven. Bot. Zeit. 1853. — Ders., Spermatozoën der Vaucheria. Bot. Zeit. 1854. p. 527. — Ders., Sporenbildung bei Chaetophora. Bot. Zeit. 1852. p. 527.
Karsten, H., Fortpflanzung der Conferva fontinalis. Bot. Zeit. 1852. p. 89. — Ders., zur Geschichte der Befruchtung der Algen. Bot. Zeit. 1857. p. 1.
Mettenius, Algeologische Beobachtungen. Mettenius Beiträge 1850. p. 30—49.
Nägeli, Caulerpa prolifera. Nägeli's und Schleiden's Zeitschrift Heft 1. p. 134—167. — Ders., Wachsthumsgeschichte der Delesseria Hypoglossum. Heft 2. p. 121—137. — Ders., Polysiphonia. Heft 3—4. p. 207—237. — Herposiphonia. Heft 3—4. p. 238—256.
Pringsheim, N., Algeologische Mittheilungen. *a*) Keimung der Spirogyra. *b*) Ueber eine Form beweglicher Sporen bei Spirogyra. Flora 1852. p. 465. — Ders., Entwickelungsgeschichte der Achlya prolifera. Acta academ. L. C. 1851. — Ders., Ueber die Befruchtung und Keimung der Algen und das Wesen des Zeugungsactes. Monatsbericht der Berliner Akademie 1855. — Ders., Ueber Befruchtung und Generationswechsel der Algen. Monatsbericht der Berliner Akademie 1856. — Ders., Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen. Pringsheim's Jahrbücher Bd. I. p. 1—10 u. p. 289—306. — Ders., Kritik und Geschichte der Untersuchungen über das Algengeschlecht. Berlin 1857.
Schenk, Algeologische Mittheilungen über Chytridium, Rhizidium, Vaucheria, parasitische Algen, Pythium. Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. VIII. u. IX.
Thuret, Recherches sur les zoospores des Algues et les Anthéridies des cryptogames. Paris 1851. Mit 31 Tafeln. — Ders., Sur la fécondation de Fucacées. Annal. des sciences nat. Sér. 4. Tom. II et III. — Ders., Observations sur la reproduction des quelques Nostochines. Mém. de Cherbourg 1857. — Ders., Deuxième note sur la fécondation de Fucacées. Mém. de Cherbourg 1857.
Unger, die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien 1843. — Ders., Entstehung der niedrigsten Algenformen. Sitzungsbericht der Wiener Akademie XI. p. 301.

wird, besteht nämlich aus einer ursprünglich unbedeckten Zelle, welche, wahrscheinlich erst nach geschehener Befruchtung, durch 5 Zellen, dem Stamm der Chara ähnlich, eine spiralig gewundene Berindung erhält, welche die grofse Centralzelle (Braun's primäre Kernzelle) umschliefst und auf dem Scheitel derselben mit einem fünfzelligen Kranze endigt (Taf. VII. Fig. 28 *A*). A. Braun, dem wir die ausführlichste und genaueste Entwickelungsgeschichte der Charen verdanken, hat nun bei den Nitella-Arten in der centralen Zelle nach einander mehrere Zellengenerationen entstehen und vergehen sehen und aus der letzten Generation die Bildung der späteren Centralzelle (Braun's quaternäre Kernzelle) beobachtet. Diese wird nach Braun direct zur Spore, nach Hofmeister entsteht dagegen in ihr bei den Characeen erst eine neue Zelle, deren Ausbildung zur Amylum und Oel haltenden Spore von der Befruchtung abhängt, was sich durchaus an die Bildung der freien Zelle, dem Hofmeister'schen Keimbläschen, im Archegonium der höheren Kryptogamen anschliefsen würde. Der Befruchtungsvorgang ist leider zur Zeit noch nicht bekannt. Aus der centralen, mit grofsen, deutliche Schichten zeigenden, Stärkmehlkörnern und Oeltropfen erfüllten, Zelle tritt bei der Keimung die junge Pflanze hervor, wobei der Zellenkranz auf dem Scheitel der Sporenfrucht durchbrochen wird[2]).

Das männliche Organ, früher Globulus, auch Anthere genannt, wird jetzt ganz allgemein als Antheridium bezeichnet; welche Benennung für das männliche Organ der Kryptogamen überhaupt von Bischoff zuerst gebraucht wurde, um dasselbe, bei damals nur wahrscheinlich geschlechtlicher Bedeutung, von der Anthere der Phanerogamen zu unterscheiden. Diese Antheridien nun, welche entweder mit dem weiblichen Organ auf derselben Pflanze oder auf getrennten Stämmen, und zwar im ersten Falle in der Regel in der Nähe der Archegonien, vorkommen, sind von höchst eigenthümlichem, sehr com-

---

[1]) A. Braun, Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Charen. Zweiter Theil. p. 57.

[2]) A. Braun ist, weil sich das weibliche Organ der Characeen in anderer Weise als das Archegonium der höheren Kryptogamen bildet, nicht geneigt, die Hofmeister'sche Bezeichnung desselben anzunehmen, er nennt dasselbe Sporenknöspchen (Sporophyas), die Hülle der Centralzelle bezeichnet er als Sporenhülle (Sporostegium). Da aber die Keimpflanze der Characeen, abgesehen vom anatomischen Bau dieser Pflanzen, wie bei den Farrnkräutern und Schachtelhalmen, aus dem weiblichen Organ hervorwächst, so erblicke ich in der sogenannten Sporenfrucht der Characeen mit Hofmeister das Analogon des Keimorgans. Dürfte man doch, wenn man die Entwickelungsgeschichte und den anatomischen Bau zu Rathe ziehen wollte, auch das männliche Organ der Characeen nicht Antheridie nennen.

plicirtem Bau, welcher von Meyen, Fritsche, Thuret und Anderen beschrieben und dessen Entwickelungsgeschichte durch A. Braun von der ersten Zelle ab verfolgt ist. — Die ausgebildete Antheridie ist ein von einer kurzen Basalzelle (unteren Stielzelle oder Scheibenzelle) getragenes kugeliges Körperchen (Taf. VII. Fig. 28 *B.*), dessen Wand aus 8 flachen, dreieckigen, und im Zustande der Reife mit einem hochrothen körnigen Inhalt erfüllten, Zellen, deren Rand strahlenförmig eingefaltet ist und die je 4 die untere, den durchgehenden Stiel umfassende, und wieder je 4 die obere Halbkugel bilden und Klappen, von Braun aber Schilder (Scuta) genannt werden (Taf. VII. Fig. 29 *d.*). Von der Mitte jedes Schildes geht eine walzenförmige Zelle, das Röhrchen, nach Braun der Griff (Manubrium), zum Mittelpunkt der Antheridie (Taf. VII. Fig. 29 *e.*), wo auf der Spitze einer meistens flaschenförmigen Stielzelle (obere Stielzelle oder Flaschenzelle der Autoren) (Taf. VII. Fig. 28 *f.*) zahlreiche kleinere kugelförmige Zellen, die Braun primäre und secundäre Köpfchen nennt, erscheinen (Taf. VII. Fig. 28 u. 30 *g* u. *h.*), welche letztere wieder büschelartig mehrere aus zahlreichen kleinen Zellen, confervenartig zusammengesetzte, lange Fäden (die Antheridienfäden) tragen (Taf. VII. Fig. 30 *i.*), die durch einander verschlungen das Innere der Antheridie ausfüllen. In jeder Zelle des Antheridiumfadens entsteht nun eine kleine länglich runde Schleimzelle (Taf. VII. Fig. 31 *a.*), und in derselben, wie bei den Lebermoosen, durch Umbildung des Zellenkerns, ein Spiralfaden, der, wenn die reife Antheridie sich durch ein Auseinanderweichen ihrer Klappen öffnet, meistens schon als freier Spiralfaden aufgerollt in der Zelle des Antheridiumfadens liegt und sich häufig schon in derselben bewegt, dann aber die Zelle verläfst und, dem Schwärmfaden der Laub- und Lebermoose ähnlich, munter im Wasser umherschwärmt [1]).

Die Schwärmfäden der Characeen, welche von Bischoff [2]) zuerst gesehen, aber für Infusorien gehalten wurden, bestehen nach Varley und Meyen aus einem dickeren Theil mit mehreren, 3 bis 4, Windungen, welcher allmälig in einen viel längeren, einer Peitschenschnur ähnlichen, Theil übergeht, den man erst, wenn der Schwärmfaden zur Ruhe gekommen ist, deutlich erkennt. Während sich der dickere

---

[1]) Die halb reifen Antheridien und Sporenfrüchte erscheinen als kleine rothe Knöpfe am Stamm und an den Zweigen der Chara. Die Sporenfrucht ist gröfser als die Antheridie. Einige Nitella-Arten sind eingeschlechtig.

[2]) Bischoff, die Charen und Equisetaceen. Nürnberg 1828. p. 13.

Theil um seine Längsachse dreht, zeigt nach MEYEN der fadenförmige Theil meistens sehr lebhafte Bewegungen[1]). Nach AMICI, THURET und A. BRAUN dagegen endigt der dickere, aus mehreren Windungen bestehende, Theil des Schwärmfadens, sowie es THURET[2]) auch für den Schwärmfaden der Leber- und Laubmoose abbildet, mit zwei langen, schwingenden Wimpern. — A. BRAUN hat die Drehung des Schwärmfadens der Chara fragilis constant rechts gefunden. — Nach METTENIUS wird der Spiralfaden der Charen durch Säure in wenig Secunden, mit Hinterlassung eines kleinen gelben Körperchens, vollständig aufgelöst. — Nachdem ich nun in diesem Sommer (Anfang Juli 1858) das Ausschlüpfen, die Bewegung und den Bau der Schwärmfäden bei Chara fragilis verfolgte, habe ich im Allgemeinen den vortrefflichen Beobachtungen MEYEN's und THURET's wenig hinzuzufügen. Die Schwärmfäden, die zwar fertig frei in den Zellen der Antheridienschläuche lagen, traten oftmals ohne sich vorher bewegt zu haben, ganz plötzlich zu Hunderten auf einmal aus dem Faden hervor und schwärmten munter umher, lebten aber nicht lange; ich habe sie niemals länger als 15—20 Minuten beweglich gesehen. In nicht minder häufigen Fällen dagegen, wo sie sich munter innerhalb der Zellen des Antheridiumfadens drehten, traten in der Regel nur wenige heraus und die Bewegung der anderen, welche in der Haft verblieben, war gleichfalls nach 15—20 Minuten beendigt, woran vielleicht die Witterung, ein trüber nicht sehr warmer Tag (+ 14° R.) Schuld sein mag, indem THURET gefunden, dafs die Schwärmfäden der Chara bei günstiger Witterung vom Morgen bis zum Abend, bei ungünstigem Wetter dagegen nur für kurze Zeit beweglich bleiben und auch viel träger in der Bewegung sind. Die Schwärmfäden der Chara kommen, wie es MEYEN und THURET beschrieben, mit dem dickeren Theil zuerst aus der Zelle hervor; bei ihrem Freiwerden streckt sich das Spiralband, welches, aus 3 bis 5 Windungen bestehend, den dickeren Theil desselben bildet, oftmals sehr bedeutend, auch bleiben sie manchmal mit dem hinteren Theil für kurze Zeit noch an der Zelle hängen. Nachdem sie frei geworden, und sich wieder korkzieherartig aufrollt, gehen sie mit dem dünneren Ende voran, sich um ihre Axe drehend, schraubenförmig im Wasser einher und läfst das Strömen des letzteren vor ihnen, zumal wenn man unlösliche Farbstoffe, als Carmin in dasselbe

1) MEYEN's Pflanzenphysiologie. Bd. III. p. 222. Taf. XII. Fig. 17—28.
2) Annales des sciences. Tom. 16. Pl. 9.

vertheilt, schon ein Bewegungsorgan an dieser Spitze vermuthen; bisweilen sieht man auch peitschenartig einen äufserst zarten Faden in weiteren Windungen als das Spiralband des Schwärmfadens beschreibt, im Wasser umherschlagen (Taf. VII. Fig. 32*a*), allein es ist, solange sich der letztere bewegt, unmöglich zu entscheiden, ob ein oder mehrere schwingende Fäden den Wasserstrudel veranlassen. Selbst wenn der Schwärmfaden von selbst ruhig geworden, oder durch Jod getödtet wurde, ist es noch schwer diese Frage zu beantworten; wenn man dagegen, nach der Angabe von Thuret, die im Wasser frei gewordenen Samenfäden durch langsames Verdunsten des Wassers auf dem Objectträger, unter dem Schutze einer Glasglocke, eintrocknen läfst, so sind die Fäden mit ihren Bewegungsorganen deutlich sichtbar und man erkennt jetzt, dafs sie, ganz so wie es Thuret abbildet (Taf. VII. Fig. 33), mit zwei äufserst feinen Fäden versehen sind, die etwa dieselbe Länge als der schraubenförmig gewundene dickere Theil des Schwärmfadens besitzen (Taf. VII. Fig. 32 *b* u. *c*). Wenn der eingetrocknete Schwärmfaden günstig liegt, so scheint es, als ob beide schnurförmige Fäden (die Wimpern, Cilien der Autoren) durch Theilung des sich allmälig verschmälernden Endes des einfachen pfropfenzieherförmig gewundenen Theiles entstanden sind. Zweimal habe ich einen Schwärmfaden mit drei langen Wimpern gesehen, häufiger dagegen nur einen langen peitschenschnurförmigen Faden als directe Verlängerung des dickeren Theiles beobachtet, ganz so wie es Meyen für Chara und wie ich es für die Lebermoose (Pflanzenzelle, Taf. V. Fig. 7—10 u. 20—28) abgebildet habe. Im normalen Falle sind aber ganz entschieden zwei Wimpern vorhanden und bin ich deshalb geneigt, auch für die Leber- und Laubmoose, deren viel kleinere Schwärmfäden denen der Chara im übrigen durchaus ähnlich sind, zwei schwingende Wimpern anzunehmen, während ich bisher mit Meyen nur eine Wimper gesehen zu haben glaubte. Die aufbewahrten eingetrockneten Schwärmfäden der Pellia und des Polytrichum, welche ich noch besitze und andere von Marchantia und Sphagnum, welche mir von Thuret freundlich mitgetheilt wurden, können freilich diese Frage nicht mit absoluter Gewifsheit entscheiden, da ich bisweilen zwei, nicht selten aber auch nur einen Faden finde und im ersten Falle nicht immer sicher bin, ob der zweite Faden wirklich demselben Spermatozoid gehört, im zweiten Falle aber nicht wissen kann, ob der eine Faden vielleicht durch das Eintrocknen verloren

gegangen ist[1]). Ich lasse deshalb diese Frage unentschieden und bilde am betreffenden Orte neben der von Thuret gegebenen Darstellung, Schwärmfäden, wie ich sie sah, bald mit zwei und bald mit einer Wimper ab, indem es mir in der That auch nicht sehr wesentlich erscheint, ob eine oder ob zwei Wimpern vorhanden sind. Der dickere pfropfenzieherartig gewundene Theil des Schwärmfadens der Chara scheint walzenförmig zu sein; am vorderen, die beiden Wimpern tragenden Ende ist er am dünnsten, am hinteren Ende dagegen am dicksten und hier durchsichtig und von körnigem Aussehen. Der Faden scheint sehr weich zu sein, denn beim Eintrocknen wird er häufig platt; wässerige Jodlösung färbt ihn gelb und tödtet augenblicklich seine Bewegung, die nicht allein in der Drehung um seine Axe und in dem Schwingen der beiden Wimpern, sondern auch in einer Streckung und Zusammenziehung des dickeren Theiles besteht. — Die Wand der Antheridienzellen wird durch Jod und Schwefelsäure schwach blau gefärbt, was erst bei entleertem Faden deutlich wird; die übrigen Theile der Antheridie nehmen nach der relativen Dicke ihrer Wände eine mehr gesättigt blaue Färbung an.

Bei Nitella, wo die Antheridien köpfchenartig zusammenstehen, findet man die verschiedensten Entwickelungsstadien neben einander; die Nitellen eignen sich deshalb für die Entwickelungsgeschichte der Geschlechtsorgane ungleich besser als die Gattung Chara, deren Antheridien und Archegonien einzeln auftreten. Nur diejenigen Antheridien, welche sich freiwillig öffnen, zeigen bewegliche Samenfäden.

Eine ungeschlechtliche Vermehrung der Charen erfolgt durch sich ablösende Stengelknoten[2].

---

[1]) Wenn man die freigewordenen Schwärmfäden der Chara unter einem dünnen Deckglas langsam eintrocknen läfst, so kann man sich beim allmäligen Verschwinden des Wassers überzeugen, dafs wirklich die sehr zarten Wimpern häufig abgerissen werden, so dafs man später nicht selten Schwärmfäden ohne Wimpern und diese frei daneben findet. Es ist deshalb viel besser, das Wasser unbedeckt verdunsten zu lassen.

[2]) Zur Literatur über die Fortpflanzung der Charen:

Braun, A., Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Zweiter Theil. Monatsbericht der Berliner Akademie. 1853.

Fritzsche, Ueber den Pollen. St. Petersburg 1837.

Hofmeister, Flora 1851.

Meyen, Pflanzenphysiologie Bd. III.

Mettenius, Entwickelungsgeschichte der beweglichen Spiralfäden bei Chara. Bot. Zeit. 1845. p. 17.

Müller, C., Entwickelungsgeschichte der Charen. Bot. Zeit. 1845.

Pringsheim hat seine Arbeiten über die Characeen noch nicht veröffentlicht.

Die Fortpflanzung der Lebermoose (Musci hepatici).

§. 68. Bei den Lebermoosen, deren nur wenige auf dem Wasser schwimmend leben, erscheinen die Geschlechtsorgane an der ausgebildeten Pflanze und zwar entweder auf demselben Exemplar oder getrennt auf männlichen und weiblichen Exemplaren.

Das weibliche Organ, Pistill, von Hofmeister Archegonium genannt, besteht aus einem aus Zellen zusammengesetzten Körper, dessen etwas angeschwollene Basis in einen kürzeren oder längeren Halstheil übergeht (Fig. 180). Ursprünglich an seiner Spitze geschlossen, öffnet sich, zur Zeit der Befruchtung, die Spitze des Halstheils und man erkennt einen engen Canal, welcher bis zur angeschwollenen Basis des Pistills hinabführt[1]), in letzterer aber, welche eine kleinere oder gröfsere Höhle bildet, liegt nach Hofmeister eine freie Zelle (das Keimbläschen), welche nach geschehener Befruchtung die erste Zelle der künftigen Frucht abgiebt[2]).

Diese Pistille stehen nun entweder einzeln (Blasia) oder zu zwei (Frullania) (Fig. 180), oder in gröfserer Anzahl (Diplolaena, Alicularia und die meisten Jungermannien) neben einander, auch treten sie nach der Pflanzenart an ganz bestimmten Orten auf; so erscheinen dieselben besonders häufig am Ende der Zweige (Haplomitrium, Frullania, Lejeunia, Liochlaena, Alicularia, Plagiochila) oder sie entstehen in der Achsel eines Blattorgans (Metzgeria), oder sie stehen gar auf einem besonderen, sich später als Fruchtstand ausbildenden Organ (bei den Marchantieen). Nur in seltenen Fällen verändern sie scheinbar ihre Lage, so stehen bei Blasia die unbefruchteten Pistille ohne Regel einzeln zerstreut auf der Oberfläche des Laubes; wenn keine Befruchtung erfolgt, bleiben sie auch unverändert in derselben Stellung, das be-

---

Thuret, Les anthéridies des cryptogames. Annal. d. sciences. 3e Série. Tom. 16. Varley, Improvements in the vial microscop. Transact. of the Loc. of Arts etc. Vol. I.

1) Dieser Kanal, der in jedem Laub- und Lebermoospistill vorhanden, entsteht nach Hofmeister durch Resorption der Querwände einer axilen Zellenreihe.

2) Gottsche, welcher bei Calypogeia dieses Keimbläschen gesehen hatte, hielt dasselbe nicht für eine freie, sondern im Grunde der Pistillhöhle festsitzende Zelle. — Mir sind leider bei Anthoceros die allerjüngsten Zustände der Fruchtanlage entgangen; ich glaubte deshalb mit Gottsche ein Hervorwachsen derselben aus dem Grunde der Pistillhöhle annehmen zu müssen. (Botanische Zeit. 1850. pag. 464.)

fruchtete Pistill dagegen wird, weil sich nach geschehener Befruchtung das Gewebe des Laubes um dasselbe erhebt, vom Laube überwachsen, so dafs es später in einer Höhlung des letzteren liegt und in derselben seine Frucht zur Reife bringt. Auf eine ähnliche Weise gelangt die Fruchtanlage der Geocalyceen in die, sich nach geschehener Befruchtung über dieselbe bildende, bei Calypogeia einem Ameiseneie ähnliche, fleischige, in die Erde versenkte Fruchthülle[1]). Auch bei den Riccieen sind die Früchte im Laube eingesenkt. Selbst wenn viele Pistille neben einander vorhanden sind, bildet sich doch in der Regel nur ein oder in gar seltenen Fällen bilden sich zwei Früchte aus, um die Pistille aber erhebt sich bei vielen Arten ein wahrscheinlich aus mehreren nicht getrennten Blättern entstandenes Gebilde, welches man Kelch oder Perianthium nennt und dessen Formen nach der Gattung und Art sehr verschieden sind (bei allen Jungermannien, ferner bei Madotheca, Lejeunia, Frullania, Diplolaena), oder es fehlt ein solcher Kelch (bei Aneura, Metzgeria und Haplomitrium). Wenn sich nun, wie in der Regel, unter dem Kelch noch eine Anzahl durch ihre Gestalt von den Blättern der vegetativen Theile abweichender Blattorgane findet, so werden dieselben Perichätialblätter genannt.

Das männliche Organ oder die Antheridie besteht aus einem meistens kugeligen, bei den Marchantieen dagegen länglichen Körperchen, das von einem kürzeren oder längeren Stiel getragen wird und dessen Wandung meistens aus einer Zellenlage, in manchen Fällen aber auch, wie ich mich überzeugt zu haben glaube, aus zwei Zellenlagen besteht (bei Plagiochila). Zur Zeit der Reife öffnet sich die Antheridie an ihrer Spitze durch langsames Auseinandertreten weniger Zellen; plötzlich reifst die Decke und der befruchtende Inhalt (Fovilla) wird, einer trüben Wolke gleich, ziemlich weit hinweggeschleudert. Bei Haplomitrium und Plagiochila sah ich häufig den Austritt der Fovilla (Taf. VII. Fig. 1—3). Die Antheridie entwickelt sich aus einer einfachen Zelle an der Oberfläche des Laubes (Pellia), diese theilt sich mehrfach und es entsteht ein von einem meistens kurzen Stiel getragenes Knöpfchen. Die äufsere Zellenlage wird zur Wandung, während in den von ihr umschlossenen Zellen die Vermehrung lange fortdauert und als letztes Product die Mutterzellen der Schwärmfäden liefert[2]).

---

1) Gottsche, über die Fructification der Geocalyceen. Act. L. C. XXI. Desgleichen Hofmeister, Geocalyceae. Bericht der sächsischen Gesellschaft 1851.

2) Hofmeister hat die Entwickelungsgeschichte der Antheridien am voll-

Die Antheridien finden sich bei den beblätterten Lebermoosen häufig in der Achsel der Blätter und zwar bei einigen in der unmittelbaren Nähe der Pistille (Liochlaena), bei anderen dagegen gesellig auf besonderen männlichen Zweigen (Frullania, Plagiochila), oder sie kommen ohne bestimmte Anordnung einzeln oder gesellig frei am Stamme vor (Haplomitrium, Fossombronia); bei den Marchantieen stehen sie gleich den Pistillen auf besonderen Organen (männlichen Blüthenständen, Receptacula masculina), oder sie werden endlich gleich den Pistillen der Blasia auf der Fläche des Laubes angelegt, während ihrer Ausbildung aber von dem Laube überwachsen, so daſs sie im Zustand der Reife in demselben eingebettet liegen (Pellia und Blasia).

Die Enden der sogenannten männlichen Stämmchen von Plagiochila asplenioides, welche ich Anfangs Juli im Schwarzathal am Thüringer Walde sammelte, erscheinen kolben- oder ährenförmig, später wächst aus ihrer Spitze ein gewöhnlicher Blatttrieb hervor. Die Blätter, in deren Achseln sich immer zwei langgestielte Antheridien entwickeln, sind an der Basis bauchig erweitert, sie liegen mit ihren Rändern dicht auf einander. Die Antheridie ist kugelig mit einer doppelten Zellenumkleidung versehen. Die äuſsere Zellwand ist bei den reifen Antheridien fast hautartig geworden, sie kann leicht als Cuticula genommen werden, mit Jod und Schwefelsäure behandelt treten dagegen ihre sich blau färbenden, von einem weiſsen Netz umgrenzten, Zellen deutlich hervor. Unter dieser Oberhaut liegt eine Schicht anderer Zellen, die sich zur Zeit der Reife von einander lösen und beim Platzen der Antheridie als kleine etwas gekrümmte, Chlorophyll führende, Säckchen (Taf. VII. Fig. 7) hervortreten. Aehnliche Zellen finden sich in den Antheridien von Haplomitrium und Diplolaena. Der Inhalt der unreifen Antheridie besteht aus kleinen, runden Zellen, denen scheinbar eine Zellenstoffmembran mangelt; Chlorzink-Jod, sowie Jod und Schwefelsäure wirken nicht; die kleinen Zellen besitzen einen körnigen Inhalt, ihr Entstehen habe ich nicht beobachtet. Die reife Antheridie enthält statt dieser Zellen aufgerollte Spiralbänder und feinkörnige Stoffe; die Membran der Zellchen ist so zart, daſs sich nicht entscheiden läſst, ob die Spiralfäden noch von einer Zellenhaut umkleidet sind oder nicht. Der aufgerollte Spiralfaden

ständigsten gegeben; ich habe dieselbe bei Pellia verfolgt, bin aber nicht im Besitz der betreffenden Zeichnungen und kann deshalb nicht specieller auf dieselbe eingehen.

zeigt mehrere Windungen; die Bewegung der Fäden beginnt in der Regel am Rande des freiwillig ausgetretenen Antheridien-Inhalts. Zuerst bewegt sich der vordere Theil des Fadens, indem er entweder langsam hin- und herschwingt, oder eine drehende Bewegung annimmt, später dreht sich der ganze Faden, endlich treten die Windungen desselben von einander, deren in der Regel drei vorhanden sind. Diese Windungen scheinen rund und von gleicher Stärke zu sein, sie sind nicht mit Wimpern bekleidet. Der vordere, sich zuerst bewegende, Theil geht ganz allmälig in einen (?) langen, dünnen Faden über, welcher sich lebhaft und unregelmäfsig bewegt und in der Regel, gleich einer Peitschenschnur, hin- und herschwenkt; die vorhin erwähnten dickeren Windungen des Spiralfadens drehen sich dagegen nur um sich selbst, ohne ihre Stellung zu einander bemerkbar zu verändern. Der Spiralfaden geht langsam, sich um seine Axe drehend, vorwärts; nur einmal sah ich einen Faden rückwärts schreiten. Die Bewegung ist weniger lebhaft und weniger unregelmäfsig, als bei den Spiralfäden (Schwärmfäden) der Farrnkräuter. Jodlösung hemmt sie, Jod und Schwefelsäure färben die Schwärmfäden, ohne sie zu lösen, gelblich. Zucker und Schwefelsäure geben dem Gesammtinhalt der Antheridie eine schöne rosenrothe Färbung. Die kleinen Zellen, in denen sich der Schwärmfaden entwickelt, messen bis $\frac{1}{400}$ Millim.

Die männlichen Pflänzchen von Pellia epiphylla sind durch kleine runde, oftmals rothgefärbte Erhebungen auf der oberen Fläche des Laubes kenntlich. Unter genannten Erhebungen liegen in unbestimmter Anzahl (1—4) kurzgestielte[1]), runde Antheridien in einer nach oben geöffneten Höhle des Laubes eingebettet (Taf. VII. Fig. 8). Die Wand der Antheridie ist hier nur aus einer Zellenschicht gebildet; die gekrümmten freien Zellen der Antheridie von Plagiochila und Haplomitrium fehlen. Nach der Spitze des Laubes liegen hier wie dort die jüngsten, nach der Basis die ältesten Antheridien; ich fand die letzteren zu Anfang Juli (ebenfalls im Schwarzathal) schon meistens entleert und die Höhlung, in der sie gelegen, zusammengefallen; oft war die ganze Antheridie bereits verschwunden. — Indem ich nun durch dasselbe Pflänzchen nach einander zahlreiche Querschnitte darstellte,

1) Die von Thuret gegebene Abbildung der Antheridie von Pellia (Annal. des sciences Tom. 16. Pl. 10. Fig. 3.) ist nicht ganz richtig, es fehlt sowohl der kurze Stiel der Antheridie als die Oeffnung des Laubes über dem Scheitel derselben, weil der Schnitt nicht die Mitte der Antheridie getroffen hat.

gelangte ich bald an eine Region, wo reife Antheridien vorhanden waren, welche ich isolirte und unter einem Deckglase betrachtete. In der Regel platzte die Antheridie freiwillig, meist an der Spitze, seltener bedurfte es eines gelinden Druckes; der Inhalt trat nicht plötzlich, sondern ganz allmälig hervor, er bestand aus kleinen Körnchen und aus aufgerollten Schwärmfäden (Taf. VII. Fig. 14. 15). Die Körnchen umgaben die letzteren, sie trennten sich erst allmälig von ihnen und zwar so, dafs man aus der Lage der noch etwas zusammenhängenden Körnchen die Zwischenlagerung der Schwärmfadenzellen genau erkennen konnte (Taf. VII. Fig. 11). Die Schwärmfäden verhielten sich Anfangs ruhig, bald aber bewegten sie sich theilweise, oder bei völlig reifen Antheridien insgesammt. Die Bewegung begann mit einer Drehung des Fadens um seine Achse, die Drehung erfolgte anfänglich nur langsam, ihre Schnelligkeit vermehrte sich allmälig, und es entfaltete sich, aber nicht wie bei den Farrnkräutern plötzlich und mit einem Stofs, das vordere Ende des Fadens. Der Schwärmfaden kugelte sich in der Regel hin und her; die Bewegung selbst war aber nach der Art, in welcher sich der Faden entfaltete, sehr verschieden; sobald der Spiralfaden vollständig entfesselt war, ging derselbe ziemlich rasch von dannen. Der entfaltete Faden zeigte beim raschen Fortschreiten drei deutlich sichtbare Windungen (Taf. VII. Fig. 16 — 19), die vorderste Windung war die weiteste, die hinterste die engste. Der Faden selbst schien rund zu sein, er bohrte sich, obschon mit der weitesten Windung voran, durch das Wasser. Wenn sich der Faden etwas langsamer bewegte, bemerkte ich am hinteren Ende desselben eine kleine runde Scheibe, aus deren Mitte der Faden selbst hervorzugehen schien. Die kleine zarte Scheibe hatte etwa den Durchmesser der weitesten Windung des Schwärmfadens. Das vordere Ende des letzteren zeigte, wie bei Plagiochila, eine (?) lange schnurförmige Verlängerung, die in beständiger Bewegung war, während die besprochenen dickeren Windungen des Spiralfadens ihre Lage zu einander nicht bemerkbar veränderten; dem Faden selbst fehlte wie bei Plagiochila jede Wimperbekleidung. Das hintere Ende des Fadens schwenkte oftmals seine Scheibe, als wolle es sich derselben mit Gewalt entledigen. In einigen Fällen sah ich auch bewegliche Schwärmfäden ohne Scheibe, das hintere Ende des Fadens war in diesem Falle etwas verdickt (Taf. VII. Fig. 16), noch häufiger fand ich die Scheibe vom Faden getrennt (Taf. VII. Fig. 22), bewegungslos; die Mitte derselben zeigte

alsdann ein Knötchen, den Punkt, an dem der Schwärmfaden befestigt gewesen. Jodlösung hemmte die Bewegung des letzteren augenblicklich, der Faden streckte sich in der Regel gerade aus, er färbte sich braun, während die Scheibe eine hellblaue Färbung annahm. Der nunmehr gerade Faden zeigte seinen allmäligen Uebergang in das lange, peitschenschnurförmige, schwingende Ende (Taf. VII. Fig. 20 u. 21). In der Regel sah ich nur eine schnurförmige Wimper, auch Meyen und Hofmeister bilden für die Lebermoose nur eine Wimper ab, Thuret dagegen hat zwei Wimpern gesehen (Taf. VII. Fig. 23) und ich glaube, dafs er Recht hat, da bei den Charen im normalen Falle sicher zwei Wimpern vorkommen (p. 237).

Nicht völlig zur Reife gelangte Antheridien sind zur Beobachtung der Structur des Schwärmfadens sehr geeignet, der letztere entfaltet sich alsdann nur selten vollkommen, man überzeugt sich hier, dafs der Faden durchaus glatt ist, dafs er nirgends Wimpern besitzt, man überzeugt sich von der Gegenwart der Scheibe und ihrer Verbindung mit dem Schwärmfaden; man erkennt die drei dickeren Windungen und die peitschenschnurförmige Verlängerung des vorderen Endes derselben, man sieht ihr unregelmäfsiges Hin- und Herschwenken; der schnurförmige Theil erscheint alsdann mindestens so lang, als die drei dickeren Windungen des Fadens. Die Scheibe ist, wie ich mit Sicherheit zu behaupten wage, die Membran der Zelle, in welcher sich der Schwärmfaden entwickelt hat, sie scheint vom Faden selbst durchbrochen zu werden und scheibenartig zusammenzufallen, ihre Reaction zur Jodlösung zeigt, dafs sie chemisch mit dem Faden nichts gemein hat. — In jungen Antheridien fand ich bei oberflächlicher Untersuchung gröfsere, durch Jod gelb werdende Kerne, zerstreut zwischen einer feinkörnigen, sich durch Jod blau färbenden Masse (Taf. VII. Fig. 9). Bei genauer Untersuchung und bei Anwendung stärkerer Objective sah ich die meisten Kern ein einer äufserst zarten Zelle liegen (Taf. VII. Fig. 10), ich fand neben einander kleinere Zellen mit einem Kerne (*a*) und gröfsere mit zwei (*b* u. *c*) und vier Kernen (*d*), die letzteren erwiesen sich in der Regel als Mutterzellen, indem ich, namentlich bei Anwendung von Jodlösung, welche die Kerne gelb, die Membran der Zellen hellblau färbte, in diesen Mutterzellen so viele Tochterzellen, als Zellenkerne vorhanden, erblickte. Diese durchaus sichere Beobachtung bestätigt meine frühere Wahrnehmung bei Pteris serrulata, wo ich ebenfalls in den Antheridien, aber weniger deutlich, vier

Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle gesehen habe. Es scheint hier wie in vielen Fällen zuerst eine Theilung des Inhalts der Mutterzelle in zwei gleiche Theile und später eine nochmalige Halbirung dieser Hälften zu erfolgen; ich fand häufiger zwei als vier Tochterzellen in einer Mutterzelle. Der Zellenkern war meistens länglich rund, fettglänzend, aber niemals scharf gezeichnet, ein Kernkörperchen war nicht sichtbar. In einem etwas späteren Zustande schien es, als ob der Kern seine Gestalt ändere; die Mutterzellen waren verschwunden (Taf. VII. Fig. 12), nur Tochterzellen waren vorhanden. Der Kern lag zwar noch in deren Mitte, er war indefs schmäler geworden und hatte eine spiralige Verlängerung, welche der Wand der Zelle folgte, gebildet (Taf. VII. Fig. 13 *b—d*). Die Zelle färbte sich in diesem Zustande wie früher durch Jod blau (Taf. VII. Fig. 13 *a*), der Kern mit seiner fadenförmigen Verlängerung erschien gelb; ich vermuthe deshalb, dafs aus dem Kern selbst der Schwärmfaden hervorgeht. Wenn der letztere ausgebildet ist, fehlt der Zellenkern gänzlich. Die Zellen, in welchen sich der Schwärmfaden entwickelt, sind demnach keine wirklichen Schleimzellen, wie man bisher angenommen, ihre Membran ist nicht stickstoffhaltig, besteht vielmehr aus einer dem Stärkmehl verwandten Modification des Zellstoffs. — Jodlösung sowohl als Jod und Schwefelsäure färben den Schwärmfaden gelb, concentrirte Schwefelsäure löst ihn nicht. Zucker und Schwefelsäure färben den Kern und den Inhalt der Antheridie rosenroth; die Scheibe verschwindet bei Anwendung von Schwefelsäure; die Zellen des Laubes dicht unterhalb der Antheridien sind reich an Stickstoff. — Der aufgerollte Spiralfaden von Pellia mifst etwa $\frac{5}{400}$ Millim., der gestreckte Faden (bei Anwendung von Jodlösung) mifst sammt der peitschenschnurförmigen Verlängerung, soweit letztere sichtbar ist, etwa $\frac{55}{400}$ Millim.; der Durchmesser der Scheibe beträgt etwa $\frac{5}{400}$ Millim., er entspricht dem Durchmesser der Zellen einer noch nicht vollständig gereiften Antheridie.

Die Antheridie von Haplomitrium Hookeri erscheint ohne Regel an beliebigen Stellen des kleinen Stengels, sie ist im reifen Zustande mit einem Epithelium, unter welchem die von Gottsche [1]) beobachteten wulstförmigen Zellen liegen, bekleidet [2]). Wenn die Antheridie

[1]) Gottsche, über Haplomitrium Hookeri. Nova Acta Academiae L. C. Vol. XX. p. 1.

[2]) Ich sammelte das Haplomitrium Anfangs October 1851 bei Hamburg mit reifen Antheridien. Nach Hofmeister besteht die Wand der letzteren nur aus einer Zellenschicht.

freiwillig im Wasser des Objectträgers platzt, so treten genannte Zellen mit dem Inhalt, genau so wie es GOTTSCHE beschrieben, hervor (Taf. VII. Fig. 1—3). Der Inhalt besteht aus kleinen runden Zellen, die von sehr kleinen dunkeln Körnern umgeben und durch sie undeutlich umgrenzt werden; die Membran der Zelle ist nicht deutlich zu erkennen. In jeder Zelle liegt ein gekrümmter, ziemlich dicker Faden, der keinen vollständigen Ring beschreibt. Einige Secunden, ja einige Minuten, lang erscheint alles in Ruhe, dann drehen sich, vom Rande des ergossenen Inhalts ausgehend, einige der Fäden um ihre Achse; die Zahl der sich bewegenden Fäden vermehrt sich, bis bald alles durch einander wimmelt. Der Faden hat hinreichend Platz in seiner Zelle; je nach seiner Lage erscheint seine Bewegung etwas anders: sieht man von oben auf ihn, so dreht er sich um seine Achse, sieht man ihn von der Seite, so erblickt man ein schraubenförmiges Band, welches 1½, seltener 2 Windungen beschreibt. Wenn die Antheridie vollständig gereift ist, so entfernen sich allmälig die Zellen von einander, sie zerfließen, wie es scheint, ganz allmälig (Taf. VII. Fig. 5), der jetzt befreite Schwärmfaden geht im Wasser umher, seine Bewegung ist ungleich langsamer und ungleich unregelmäßiger als bei Pellia und Plagiochila, er schreitet mit seiner engeren Windung voran, am vorderen Theile vermißt man den langen peitschenschnurartigen Faden, findet ihn dagegen am hinteren Ende sehr zart und ziemlich lang, ein kleines, unregelmäßiges, einem Schleimkügelchen ähnliches, Körperchen nach sich schleppend (Taf. VII. Fig. 6). Ich halte das letztere für den Ueberrest der Zelle, in welcher der Schwärmfaden entstanden ist, der Scheibe bei Pellia, der Blase bei den Farrnkräutern entsprechend. Jodzusatz hemmte die Bewegung augenblicklich, der Faden streckte sich nicht, er färbte sich gelb. — Interessant wäre die abweichende Gestalt dieses Schwärmfadens; während bei Plagiochila und Pellia der schnurförmige Theil als Verlängerung der vordersten Windung auftritt erscheint er hier als Verlängerung der hintersten Windung; allein ich vermuthe fast, daß die vordere Windung, wie bei Pellia und Plagiochila, noch ihre eigenen Wimpern hat, welche mir, da ich die Schwärmfäden nicht eintrocknen ließ, vielleicht entgangen sind. Auch GOTTSCHE hat dieselben nicht gesehen. Während bei Plagiochila und Pellia der dickere Theil des Schwärmfadens 3—4 ziemlich unbewegliche Windungen beschreibt, bildet er hier nur 1½ bis höchstens 2 solcher Windungen. Die Bewegungen des Schwärmfadens mußten danach

bei Haplomitrium, wo sie eine weniger sichere Führung erhalten, viel unregelmäfsiger erscheinen. Der Schwärmfaden dieses Lebermooses mifst in seiner Zelle gesehen $\frac{1\frac{1}{2}-2}{400}$ millim.

Obgleich nun das wirkliche Eindringen der Schwärmfäden in das Pistill der Leber- und Laubmoose erst selten beobachtet[1]), die Einwirkung des Schwärmfadens auf das HOFMEISTER'sche Keimbläschen aber noch gänzlich unbekannt ist, so läfst sich dennoch eine nothwendige Befruchtung durch den letzteren zur Hervorbringung der Frucht nicht mehr bezweifeln. Für dieselbe sprechen 1. die gleichzeitige Reife der Pistille und der Antheridien; 2. das constante Fehlschlagen der Frucht bei Abwesenheit der letzteren (die nicht befruchteten Pistille vertrocknen). 3. Die Analogie mit den Farrnkräutern, für welche HOFMEISTER die Einwirkung der Schwärmfäden auf das Keimbläschen im Archegonium nachgewiesen hat. 4. Die Analogie mit den Algen, deren Befruchtungsact durch PRINGSHEIM aufs Genaueste bekannt ist. — So sehr ich sonst geneigt bin nur das, durch wiederholte sorgfältige Beobachtung, zweifellos Bewiesene als vorhanden anzusehen, so halte ich es doch im vorliegenden Falle, aus den angeführten Gründen, durchaus gerechtfertigt, auch bei den Laub- und Lebermoosen, desgleichen bei denjenigen höheren Kryptogamen, wo der Befruchtungsact direct noch nicht beobachtet ist, eine Befruchtung durch die Schwärmfäden anzunehmen. Anders dagegen stellt es sich noch bei den Pilzen und Flechten, desgleichen bei den Florideen, obschon ich mit TULASNE und Anderen auch hier aufser einer ungeschlechtlichen noch eine geschlechtliche Vermehrung für sehr wahrscheinlich halte (p. 187).

Aus dem Keimbläschen in der Centralzelle des **Pistills** bildet sich nun durch wiederholte Zellentheilung ein zelliger Körper, welcher sich bis zu einem gewissen Stadium noch unschwer aus der Pistillhöhle hervorheben läfst, später aber meistens am Grunde mit ihr verwächst. Die untere Hälfte dieses Zellenkörpers wird zum Fruchtstiel, die obere Hälfte dagegen wird zur Fruchtkapsel. Das Pistill, in welchem sich die Fruchtanlage bildet, und dessen Halsstiel bald vertrocknet, dessen Basaltheil aber mit der jungen Frucht fortwächst, wird zur Calyptra, an welcher häufig bei den Lebermoosen mit zahlreichen Pistillen unbefruchtete vertrocknete Pistille sitzen, und bei der

[1]) Von HOFMEISTER bei einem Laubmoos, Funaria. Bericht der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft.

Verlängerung der Calyptra vom Grunde aus mit ihr in die Höhe gehoben werden (Alicularia). In der oberen Hälfte der Fruchtanlage differenziren sich nun die Zellen, die äufseren Schichten werden zur Kapselwand, in welcher nach den Arten sehr zierliche, meistens nur halbe Verdickungsbänder vorkommen, die Zellen des Inneren dagegen werden entweder zu Mutterzellen für die Sporen oder sie bilden sich, zwischen den Mutterzellen liegend, zu langen schlauchförmigen Zellen aus, in denen sich ein einfaches oder doppeltes Spiralband entwickelt und die als Schleuderer (Elateres) der Lebermoose bekannt sind (Taf. V. Fig. 17). In den Sporenmutterzellen entstehen 4 Sporen, deren Entwickelungsgeschichte ich Bd. 1. p. 85 für Anthoceros und Blasia beschrieben habe (bei den Riccieen fehlen die Schleuderer). Wenn die Frucht reif ist, so tritt in der unteren Hälfte der Fruchtanlage, aus welcher der Stiel, die Seta, hervorgeht, plötzlich eine bedeutende Verlängerung der bis dahin fast tafelförmigen Zellen ein, als Folge derselben wird die Calyptra an ihrer Spitze durchbrochen und die fertige Frucht steigt, wenn ein Kelch (Perianthium) vorhanden war, auf längerer oder kürzerer Seta aus denselben hervor (Fig. 180). Die Verlängerung des wasserhellen, sehr zarten Stiels durch Ausdehnung seiner Zellen um das 10—20fache ihrer ursprünglichen Länge erfolgt bei den meisten Arten innerhalb 12—24 Stunden. Bei Pellia erreicht derselbe eine Länge von 2—3 Zollen, bei der Mehrzahl der Lebermoose bleibt er dagegen kürzer, und bei den Marchantieen tritt die Fruchtkapsel nur wenig über das im Receptaculum

Fig. 180.

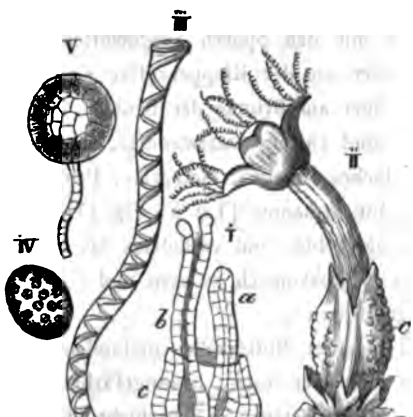


Fig. 180. Frullania dilatata. I Das junge Perianthium (c) mit den beiden Pistillen a und b; die Spitze des Halstheiles ist bei b bereits geöffnet. II Die eben aufgesprungene Frucht, c das Perianthium, d die Perichaetialblätter. III Ein Schleuderer. IV Eine reife Spore. V Ein Antheridium. (I u. V 50mal, II 10mal, III u. IV 180mal vergröfsert.)

sitzende Perianthium hervor. Nachdem die Verlängerung beendigt ist, springt jetzt die Fruchtkapsel mit schon in der Fruchtanlage durch die Anordnung der Zellen erkennbaren Längsnäthen, welche sich von der Spitze nach abwärts öffnen, mit 4 unter sich gleichen Klappen auf und entläfst ihre Sporen, wozu die Schleuderer mit behülflich sind. Am besten beobachtet man das Aufspringen der Kapsel bei den Aneura-Arten, wo dasselbe plötzlich erfolgt; die an der Spitze der Klappen büschelförmig festsitzenden, in der geschlossenen Kapsel abwärts gebogenen Schleuderer schnellen sich, sobald am Scheitel der Kapsel das Auseinandertreten der Klappen sichtbar wird, plötzlich empor, und streuen die zwischen ihnen gelegenen und an ihnen haftenden Sporen weit um sich her. Nur bei Fossombronia und den Riccien springt die Kapsel nicht mit Klappen auf, die Wand zerfällt hier in unregelmäfsige Fetzen.

Bei den eigentlichen Jungermannien sind die Schleuderer zur Zeit der Fruchtreife frei und werden mit den Sporen ausgeworfen, bei anderen dagegen sind sie entweder an der Klappenspitze (Aneura, Metzgeria, Frullania, Lejeunia) oder am Grunde der Frucht (Pellia) befestigt. Die Schleuderer selbst sind äufserst zartwandige, schlauchförmige Zellen, in denen ein einfaches (Aneura, Metzgeria, Frullania, Lejeunia) oder doppeltes (Pellia, Jungermannia [Taf. V. Fig. 17], Fossombronia, Blasia) meistens braungefärbtes und verholztes Spiralband entwickelt ist; sie scheinen sehr hygroskopisch zu sein und dadurch das Ausstreuen der Sporen zu befördern[1]).

Die Lebermoossporen, zu 4 in einer Mutterzelle entstanden, sind kugelig oder kantig und meistens mit einer festen, braungefärbten, oft mit kleinen Warzen oder Stacheln übersäeten, Aufsenschicht (der sogenannten Cuticula) bekleidet. Beim Keimen entsenden dieselben einen aus einer oder aus mehreren Zellenreihen gebildeten Faden, welcher Wurzelhaare treibt und darauf meistens an seinem freien Ende eine oder mehrere Knospen bildet, aus welchen die junge Pflanze hervorwächst[2]).

---

1) Die in älteren Schriften über Lebermoose bisweilen vorkommende Angabe eines nackten Spiralbandes ist längst antiquirt und nur durch die Schuld schlechter Mikroskope entstanden; denn alle Schleuderer haben eine zarte farblose Wandung, welche das Spiralband umschliefst.

2) Ueber die Keimung der Lebermoose verdanken wir Gottsche (über Haplomitrium Acta L. C. XX.) und Grönland (Annal. d. sciences Tom. I. Série 4.) die besten Aufschlüsse.

Bei Anthoceros ist sowohl die Gestalt der Frucht als auch deren Entwickelungsgeschichte und Bau etwas abweichender Art. Hier ist nämlich das Pistill nicht als besonderes Organ vorhanden; es bildet sich vielmehr nach Hofmeister auf dem flächenförmigen, blattlosen Stamme der Pflanze durch Resorption der Querwände einer senkrechten Zellenreihe ein enger, oben offener Canal, welcher dem Canal im Halse des Pistills entspricht, und im Grunde desselben eine Erweiterung, welche Hofmeister's Centralzelle vorstellt; in ihr liegt das freie mit einem Zellenkern versehene Keimbläschen. Aus dem letzteren entsteht darauf durch wiederholte Zellentheilung ein kleiner, kegelförmiger Körper, die erste Anlage zur Frucht. In derselben differenziren sich die Zellen in vierfacher Weise, die äufseren Lagen bilden die Wandung der Frucht, die darauf folgende Zellenreihe bildet die Schleuderer, eine auf sie folgende einfache Reihe liefert die Mutterzellen der Sporen und die innersten mehrfachen Zellenreihen endlich werden zum Mittelsäulchen, zur Columella. Die Frucht ist ungestielt, sie tritt sehr bald aus dem engen Canal, der anfänglich mit ihr, sich etwas über den flächenförmigen Stamm erhebend, fortwächst, hervor, wobei häufig dessen Spitze abreifst, welche alsdann bisweilen als kleine Kappe auf ihr hängen bleibt und Calyptra genannt wurde, und verlängert sich, von unten her durch Zellenvermehrung fortwachsend, zu einer, bei einigen Arten mehrere Zoll langen, stielrunden Kapsel, welche zuletzt an ihrer Spitze an beiden Seiten mit einer Längsnaht zweiklappig aufbricht und ihre Sporen entläfst, wobei das Mittelsäulchen, die Columella, frei wird. Die Frucht der Anthoceroten hat eine Oberhaut mit Spaltöffnungen, welche der Kapselfrucht aller übrigen Lebermoose fehlen, dagegen mangeln ihr die eigenthümlichen bandartigen Verdickungen, welche die Kapselwand jener charakterisiren. Die Schleuderer sind mehrzellig und bei Anthoceros ohne Spiralband, bei den exotischen Dendroceros-Arten aber mit doppeltem Spiralband versehen.

Die Lebermoose haben entweder einen stielrunden, mit Blättern regelmäfsig umstellten, Stamm, oder der letztere ist flächenartig, oftmals dem Laube der Flechten nicht unähnlich, ausgebildet, unterscheidet sich aber mit wenigen Ausnahmen (Anthoceros) durch die Gegenwart der Blätter (Pellia, Blasia, Diplolaena, Marchantia) sehr wesentlich von ihnen; auch findet man durch die verschiedenen Genera (z. B. Fossombronia) die schönsten Uebergänge vom stielrunden zum flächenförmigen Stamme. Die Lebermoosblätter bestehen aus einer

einzigen Zellenlage, sie haben niemals einen Mittelnerv, der das Blatt der Laubmoose charakterisirt. Die Lebermoose haben keine Wurzel, sie empfangen ihre Bodennahrung durch Wurzelhaare, welche aus dem Stamm und seltener aus der Basis der Blätter (Frullania) hervortreten; dem Haplomitrium fehlen auch die Wurzelhaare. Ihre Frucht hat kein Mittelsäulchen (Anthoceros ausgenommen), die Fruchtkapsel springt 4klappig auf (mit Ausnahme von Fossombronia und Riccia). Die Calyptra wird erst durchbrochen wenn die Frucht vollständig reif ist, sie erhebt sich alsdann plötzlich auf einem zarten, sehr vergänglichen Stiele. Die Antheridien sind nur in seltenen Fällen von Saftfäden, Paraphysen, umstellt. Die Laubmoose dagegen haben in der Frucht ein Mittelsäulchen, dieselbe springt auch nicht klappig (Andraea ausgenommen), sondern mit einem Deckel auf, die Seta ist dickwandig und holzig, sie erhebt sich früh und nimmt die Calyptra als vertrocknetes Mützchen mit in die Höhe. Zwischen den Sporen werden keine Schleuderer entwickelt, dagegen sind die Antheridien von Paraphysen umstellt. Das Genus Sphagnum, dessen Frucht, wie bei den Lebermoosen, unter dem Schutz der Calyptra reift und dieselbe später durchbricht, mit einer zarten Seta und Blättern ohne Mittelnerv, steht in der Mitte zwischen beiden Familien; auch die Antheridie ist kugelförmig, während dieselbe bei den eigentlichen Laubmoosen länglich erscheint.

Die ungeschlechtliche Vermehrung der Lebermoose erfolgt entweder durch sich einfach vom Blatte oder Stamme ablösende Zellen (Jungermannia anomala, J. incisa, Calypogeia Trichomanes) oder es bildet sich, und zwar, soviel mir bekannt, nur bei den laubigen Lebermoosen, ein besonderer Brutzellen-Apparat (Conceptaculum gemmarum).

Bei den Marchantieen entwickeln sich die Brutzellen in schüsselartigen Organen, welche bei Lunularia die Gestalt eines Halbmondes besitzen. Die Brutknospen entstehen hier überall als einfache Zellen, welche sich aus dem Grunde des Schüsselchens erheben und oftmals durch Zellenvermehrung zu einem grofsen mehrzelligen Körper werden, der bei manchen Pflanzen noch längere Zeit vermittelst eines Zellenstiels mit der Mutterpflanze in Verbindung bleibt. Bei Blasia pusilla hat der Brutknospen-Apparat die Gestalt einer Weinflasche, die Brutknospen entstehen an der inneren Oberfläche dieses Organs, sie sind mit einem langen, oft mehrgliedrigen Stiel versehen und werden später durch die halsförmige Oeffnung des Brutknospen-Apparates entlassen, nicht

selten keimen sie auch innerhalb des letzteren, seine Wandung durchbrechend; GOTTSCHE hat diesen Fall abgebildet. Man findet im Spätsommer häufig die ganze Fläche des Laubes der Blasia mit kleinen grünen Körnern bedeckt; letztere sind keimende Brutzellen, ihr Keimling ist bald darauf vom Keimling der Spore nicht zu unterscheiden. Bei Anthoceros laevis bilden sich Brutzellen in der Mitte des Laubes. Bei Blasia scheinen aufser dem erwähnten Brutknospen-Apparate noch andere Zellengruppen im Inneren des Laubes Brutzellen zu entwickeln, sowie überhaupt bei dieser interessanten Pflanze noch manches aufzuklären wäre.

Diejenigen Exemplare, welche der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen, bilden nur sehr selten Früchte aus; an vielen Orten sind z. B. nur die flaschenförmigen Brutzellenbehälter der Blasia pusilla bekannt, die Frucht dagegen ist verhältnifsmäfsig selten. Lunularia pflanzt sich in unseren Gegenden immer nur durch Brutzellen fort, auf Madeira fand ich sie dagegen auch hier und da mit Früchten, aber niemals Frucht und Brutzellenbehälter beisammen. Auch die Marchantieen dienen, wenn sie Brutzellenbehälter entwickeln, selten oder niemals der geschlechtlichen Vermehrung; man unterscheidet danach bei vielen Lebermoosen sterile, männliche und weibliche Pflanzen.

Bei den höheren Kryptogamen und bei den Phanerogamen suchen wir nach Brutzellen vergebens, hier ist keine Zelle oder keine aus gleichwerthigen Zellen bestehende Gruppe für sich allein fähig zur neuen Pflanze zu werden; statt der Brutzellen treten nunmehr Brutknospen auf. Letztere sind in allen Fällen mit einem Gefäfsbündel versehen, ihnen ist als Anlage zum Stamme die Fähigkeit gegeben, unter ihrem Vegetationskegel Blätter und an günstigen Stellen Nebenwurzeln zu entwickeln. Die Brutzellen gehören demnach den gefäfsbündellosen oder mit einem sehr unentwickelten Gefäfsbündel versehenen Kryptogamen, die mit entwickelten Gefäfsbündeln versehenen Pflanzen bilden statt ihrer Brutknospen; beide treten vorzugsweise da auf, wo eine Fruchtbildung entweder nur sparsam vorkommt oder gänzlich unterbleibt.

Die Wurzelhaare der Lebermoose (Mastigobryum trilobatum) sind nicht selten an ihrer Spitze vielfach verzweigt (Fig. 163. p. 163), sie bestehen immer aus einfachen Zellen, welche bei den Marchantieen knotenförmige Verdickungen zeigen. Bei den Laubmoosen findet man dagegen verzweigte, aus vielen Zellen bestehende, Fäden, welche die Wurzelhaare vertreten

und nur durch die schiefgestellten Querwände von den ihnen ähnlichen Fäden des Vorkeims zu unterscheiden sind[1]).

Die Fortpflanzung der Laubmoose (Musci hepatici).

§. 64. Bei den, den Lebermoosen so nah verwandten, Laubmoosen, deren nur wenige im Wasser leben, sind auch die Zeugungsorgane nicht wesentlich verschieden; beide erscheinen auch hier an der ausgebildeten Pflanze.

Fig. 181.



Das weibliche Organ, das Pistill, Archegonium nach Hofmeister, ist ganz so wie bei den Lebermoosen gebaut (Fig. 181), es entwickelt sich auch, wie Hofmeister nachgewiesen, in derselben Weise. Die Centralzelle im Bauch oder Basaltheil des Pistills enthält nach letzterem, zur Zeit der Reife, ein freies mit einem Zellenkern versehenes Keimbläschen. Die Spitze des Halstheiles öffnet sich und nach geschehener Befruchtung entsteht aus dem Keimbläschen die Anlage zur Frucht, welche sich sowohl durch ihren Bau, als auch durch die Art ihres Aufspringens von der Lebermoosfrucht wesentlich unterscheidet.

Fig. 181. Ein zur Befruchtung fertiges Pistill von Phascum cuspidatum, nach Hofmeister copirt. *x* Das Keimbläschen. (300 mal vergröfsert.)

---

1) Zur Literatur über die Lebermoose:

Bischoff, Bemerkungen über die Lebermoose. Nova Acta L. C. XVII. 1835. — Ders., Zur Entwickelungsgeschichte der Lebermoose. Bot. Zeit. 1853. p. 113.
Gottsche, Ueber Haplomitrium Hookeri. Act. L. C. XX. — Ders., Ueber die Fructification der Geocalyceen. Act. L. C. XXI. — Ders., Uebersicht und Würdigung der u. s. w. Leistungen in der Hepaticologie. Bot. Zeit. 1858.
Grönland, Germination des quelques hepatiques. Annales des sciences Série 4. Tom. I.
Hofmeister, Vergl. Untersuchungen über Keimung u. s. w. der h. Kryptogamen. Leipzig 1851. p. 1—59. — Ders., Ueber Riellia Reuteri, Haplomitrium, Geocalyceae. Bericht der sächs. Gesellschaft 1854. p. 92 u. 97.
Hooker, British Jungermanniae. London 1816.
Lindenberg, Monographie der Riccieen. Nova Acta L. C. Tom. XVIII. p. 1.
Lindenberg u. Gottsche, Synospis hepaticarum. Hamburg 1844. — Dieselben, Species hepaticarum fasc. I—XI. Bonn.
v. Mohl, Entwickelung der Sporen von Anthoceros. Vermischte Schriften p. 84.
Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III.
Milde, Zur Kenntnifs von Anthoceros und Blasia. Bot. Zeit. 1851. — Ders., Ueber Chamaeceros fertilis. Act. L. C. 1856.
Nees v. Esenbeck, Naturgeschichte der europäischen Lebermoose. Berlin 1835.
Schacht, Entwickelungsgeschichte des Sporangium und der Sporen von Anthoceros. Bot. Zeit. 1850. p. 457. — Ders., Die Antheridien der Lebermoose. Bot. Zeit. 1852. p. 153.

Das männliche Organ, die Antheridie, von ähnlichem Bau wie bei den Lebermoosen, aber in der Regel kürzer gestielt und nur bei Sphagnum kugelig, hat meistens eine lange cylindrische Gestalt. Seine Wand besteht aus einer einzigen Zellenschicht. Die Spitze der Antheridie ist farblos und durchscheinend (Taf. VII. Fig. 25 *a*), während der übrige Theil bis zum kurzen Stiel hinab grün oder gelblich gefärbt erscheint (*b*). Zur Zeit der Reife treten die Zellen der Spitze aus einander und die Fovilla spritzt hervor (Polytrichum).

Die Pistille sowohl als die Antheridien der Laubmoose sind (ob immer?) von längeren oder kürzeren, aus einer oder mehreren Zellenreihen gebildeten, bisweilen keulenförmigen Fäden, den Saftfäden oder Paraphysen, umstellt (Taf. VII. Fig. 24 *p*), dagegen entwickelt sich um das befruchtete Pistill nicht wie bei den Lebermoosen eine Hülle; den Laubmoosen fehlt deshalb der Kelch oder das Perianthium. Pistille und Antheridien kommen entweder mit einander auf demselben Zweige (Bryum) oder auf besonderen Zweigen derselben Pflanze (bei den meisten Sphagnum-Arten) oder gar auf verschiedenen Pflanzen vor (Polytrichum). In der Regel stehen beide in der Achsel der Blätter und bilden bei getrennten Geschlechtern männliche und weibliche Köpfchen. Die Blätter, welche sie schützen (*b*) und häufig etwas anders als die gewöhnlichen Blätter geformt sind, werden Perichätialblätter genannt.

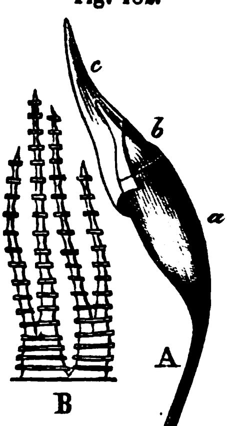
Die Antheridie von Polytrichum nanum und P. commune ist cylindrisch, mit einem kurzen Stiel versehen; sie öffnet sich an ihrer Spitze. Die Schwärmfäden sind wie bei den Lebermoosen gebaut; sie bestehen aus einem dickeren spiralförmig aufgerollten Theil, welcher nur eine bis anderthalb Windungen beschreibt, und zwei längeren, schnurförmigen Theilen, welche, in der Regel ebenfalls spiralig aufgerollt, sich lebhaft hin und her bewegen (Taf. VII. Fig. 26 u. 27). Der Faden geht, mit seinen schnurförmigen Enden voran, durchs Wasser; er bewegt sich in der Regel langsamer als der Schwärmfaden der Lebermoose. Um die beiden vorhandenen Wimpern zu sehen, muſs man den sich bewegenden Faden lange und aufmerksam betrachten. Wenn das Wasser auf der nicht bedeckten, aber vor Staub geschützten, Objectplatte langsam verdunstet ist, so erkennt man die beiden Wimpern oder die so eben besprochenen schnurförmigen Theile des Schwärmfadens. Bisweilen zeigt auch das andere, etwas verdickte Ende des letzteren eine schnurförmige Verlängerung. — Ich glaubte früher, daſs eine Wimper

(Taf. VII. Fig. 26*b*) normal wäre, mufs aber jetzt mit THURET und W. SCHIMPER zwei Wimpern annehmen. (Man vergleiche p. 288). — Der Inhalt der noch nicht vollständig gereiften Antheridie färbt sich durch Jodlösung gelb, durch Zucker und Schwefelsäure roth. Der Schwärmfaden dreht sich vor seinem Freiwerden innerhalb seiner Zelle, er hängt nicht, wie bei Pellia, mit der letzteren zusammen, er schleppt deshalb auch keine Zelle mit sich umher; dagegen ist sein hinteres Ende mit einem Knötchen, wahrscheinlich dem Ueberrest des Zellenkerns, aus dem er entstanden ist, versehen. — Die Antheridien sind von zahlreichen Saftfäden (Paraphysen) umgeben; sie entstehen, wie bei Plagiochila, in der Achsel bestimmter Blätter der männlichen Pflanze. Bei Polytrichum ist sehr leicht der richtige Zeitpunkt für die Beobachtung der Samenfäden zu finden; wenn sich nämlich bei leisem Druck des männlichen Köpfchens die flache Vertiefung auf dem Scheitel des letzteren mit einer milchartigen Flüssigkeit füllt, so ist die Antheridie reif und jeder Tropfen der genannten Flüssigkeit zeigt jetzt die Schwärmfäden in lebhafter Bewegung.

Ueber die Befruchtung der Laubmoose wissen wir direct nicht mehr als über die Lebermoose, doch hat HOFMEISTER einmal, bei Funaria, im Halstheil des Pistills einen noch beweglichen Schwärmfaden gefunden und dort häufiger nicht mehr bewegliche Fäden angetroffen. Dafs selbige in das Innere des Pistills gelangen können, ist damit zum wenigsten bewiesen und erklärt die Zartheit der Schwärmfäden, ihr zeitiges Absterben und die durch gefärbte Stoffe häufig getrübte Durchsichtigkeit des ohnehin sehr engen Pistillcanals hinreichend, weshalb man sie nicht häufiger gefunden und ihr Verhalten zum Keimbläschen direct beobachtet hat. Aus dem letzteren bildet sich nun, wie HOFMEISTER nachgewiesen, in ähnlicher Weise als bei den Lebermoosen die Fruchtanlage, indem man auch hier bald einen unteren Theil, den Stiel (Seta), und einen oberen, die Fruchtkapsel, unterscheidet. Das Pistill, in welchem die Fruchtanlage entstanden, wächst Anfangs mit derselben, hört aber bald auf sich fortzubilden und wird alsdann, indem es vom Grunde unregelmäfsig abreifst, von der jungen sich auf ihrem festen holzigen Stiel erhebenden Fruchtals vertrocknetes Mützchen, Calyptra, mit in die Höhe gehoben, was einen sehr wesentlichen Unterschied zwischen den Laubmoosen und Lebermoosen begründet, indem die letzteren ihre Frucht unter dem Schutze der mit ihr fortwachsenden Calyptra ausbilden, woraus sich schon die

wesentlichen Verschiedenheiten der Structur der Kapselwand erklären. Die Ausbildung der Fruchtkapsel (Theca) unterscheidet sich nun von den Lebermoosen dadurch, dafs die mittlere Gewebeschicht nicht zur Bildung von Sporenmutterzellen verwandt wird, sondern als Mittelsäulchen (Columella) verbleibt (Archidium und Andraea haben keine Columella), und dafs sich die Mutterzellen der Sporen, wie bei Anthoceros (p. 251), aus einer einzigen (ob immer?) Zellenreihe im Umkreis des zum Mittelsäulchen werdenden centralen Theiles bilden. Die reife Kapsel springt nicht wie bei den Lebermoosen klappig auf (nur die Kapsel der Andraea öffnet sich mit 4 Klappen), es löst sich vielmehr ihre Spitze als Deckelchen (Operculum) ab, während der Rand der entstandenen Oeffnung entweder glatt (bei Sphagnum und Schistotega), oder mit einem einfachen (Dicranum, Ceratodon, Grimmia) oder doppelten (Bryum, Mnium, Cinclidium und Buxbaumia) Mündungsbesatz (Peristom) aus zierlich angeordneten, meistens dickwandigen und braun gefärbten Zellen bestehend, umfafst ist (Fig. 182). Das Vorkommen, sowie die sehr constanten Gestalten des Mündungsbesatzes geben zum Theil die Kennzeichen der Gattungen und Arten. Die Epidermis der Fruchtkapsel ist mit Spaltöffnungen versehen (Sphagnum, Polytrichum, Funaria), dagegen fehlen die halben Spiralbänder, welche der klappig aufspringenden Kapsel der Lebermoose eigen sind.

Fig. 182.



Die Sporenbildung erfolgt auch bei den Laubmoosen durch Theilung in 4 Tochterzellen. Die Sporen, mit fester Aufsenschicht keimen ähnlich wie die Lebermoose, indem aus ihnen ein aus einer einfachen (ob immer?) Zellenreihe bestehender Faden, der sogenannte Vorkeim hervortritt, welcher sich verzweigt und in der Regel erst nach längerem confervenartigen Hin- und Herwachsen mehrere (ob immer?) knotenartige Zellenkörper, Knospen, bildet, aus denen ein neues Pflänzchen hervorgeht. Bei Sphagnum bildet sich nach Hofmeister und W. P. Schimper nur im Wasser jenes confervenartige Gebilde, die

Fig. 182. *A* Die Frucht von Fissideus bryoides, nach Payer copirt. *a* Der untere Theil der Mooskapsel, *b* das Deckelchen, *c* die Calyptra. *B* Der einfache Mündungsbesatz der Kapsel. (Beide, aber in verschiedenem Grade. vergröfsert.)

auf der Erde keimenden Sporen entwickeln dagegen einen flächenartigen, dem Laube einer Aneura ähnlichen Vorkeim, auf dem die Knospen entstehen. Sowohl der Vorkeim selbst, als auch die junge Pflanze schicken Wurzelhaare aus.

Die geschlechtslose Vermehrung der Laubmoose erfolgt durch sich ablösende Brutzellen, welche sich als mehrzellige Körper von der Pflanze trennen; doch sind, soweit mir bekannt, noch keine besonderen Brutzellenbehälter, wie selbige bei den laubigen Lebermoosen vorkommen, beobachtet werden. Auch die eigenthümlichen Wurzeln (p. 163) bilden Brutzellen.

Die Fortpflanzung der Farnkräuter.

§. 65. Die Farnkräuter, Landpflanzen, welche ihre Früchte an den Blättern (Wedeln) tragen, entwickeln ihre Geschlechtsorgane am Vorkeim, d. h. auf dem flächenförmigen Gebilde, welches aus der keimenden Spore hervorgeht. Aus dem weiblichen Organ erhebt sich nach der Befruchtung die junge Pflanze.

Die Sporen der Farnkräuter bilden sich in besonderen, meistens gestielten Sporangien, welche gesellig an bestimmten Stellen der Unterseite des Blattes auftreten und von einer bestimmt geformten Falte der Oberhaut, dem Schleierchen (Indusium), bedeckt werden (bei Pteris, Aspidium, Scolopendrium, Nephrodium, Woodwardia). Die Sporangienhäufchen werden Sori genannt; ihre Gestalt und Stel-

---

[1]) Zur Literatur über die Laubmoose:

Beninga, L., De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum. Göttingae 1844. — Ders., Beiträge zur Kenntnifs des inneren Baues der ausgewachsenen Mooskapsel. Acta acad. L. C. XXII. 1850.
Bridel, Bryologia universal. Gothae 1820—1824.
Bruch und Schimper, Bryologia europaea. Stuttgart 1837—1848.
Cassebeer, Ueber die Entwickelung der Laubmoose. Frankfurt 1832.
Hedwig, Historia naturalis muscorum frondosorum. Leipzig 1782. — Ders., Theoria generationis. Leipzig 1798.
Hofmeister, Die Stellung der Moose im System. Flora 1852. p. 1. — Ders., Ueber Bildung der Keimbläschen bei den Muscineen, Keimung von Sphagnum. Bericht der sächs. Gesellschaft 1854. p. 95, 100 u. 102. — Ders., Vergl. Unters. über Keimung u. s. w. der Kryptogamen. p. 60—78.
v. Mohl, Ueber die Sporen kryptogamer Gewächse. Flora 1833.
Schimper, W. P., Recherches sur les mousses. Strafsburg 1848. — Ders., Entwickelungsgeschichte der Torfmoose. Stuttgart 1858.
Müller, C., Synopsis muscorum frondosorum. 1848.
Nägeli, Wachsthumsgeschichte der Laub- und Lebermoose. Schleiden's und Nägeli's Zeitschrift Heft 2. p. 138—210.

lung, sowie die Form des Indusium geben die Hauptkennzeichen für die Unterscheidung der Gattungen und Arten. Bei Balantium Culcita, einem schönen, auf Madeira und den Azoren heimischen Farnkraut, sind die am Blattrande auftretenden Sporangienhaufen von der sich in zwei Platten theilenden Blattfläche kapselartig umfaſst (Fig. 183). Bei Gleichenia werden die Sori aus 4 Sporangien ohne Indusium gebildet und bei den Osmundaceen sitzen die kurzgestielten, kapselartig mit einer Spalte aufspringenden Sporangien frei auf der nicht zur blattartigen Ausbildung gekommenen Blattfläche. Bei Ophioglossum endlich wird nur der Mittelnerv des sporentragenden Blattes ausgebildet und statt der Blattfläche entwickeln sich an ihm zwei Längsreihen ungestielter, mit einer Querspalte kapselartig aufspringender Sporangien.

Fig. 183.



Die Sporangien der Farnkräuter entstehen, wie ich mich bei Pteris und Aspidium überzeugt habe[1]), gesellig und zwar nur da, wo ein Gefäſsbündel liegt. Sie treten aus der Oberhaut des noch ganz jungen Blattes als einfache Zelle papillenartig hervor, diese theilt sich dann in wagerechter Richtung, so zuerst den Anfang des Stieles bildend; aus der gröſseren Scheitelzelle entwickelt sich alsdann das meistens kugelige Sporangium. In einer centralen Zelle (?) scheinen sich ferner, wahrscheinlich durch wiederholte Theilung, diejenigen Zellen zu bilden, welche zu Mutterzellen der Sporen werden und in denen, wie bei den Moosen und Lebermoosen, 4 Sporen, höchst wahrscheinlich durch Theilung, entstehen. Die Sporen der Farnkräuter zeigen in der Regel

Fig. 183. I Ein kleiner Theil des mehrfach gefiederten Blattes von Balantium Culcita, *x* ein Sporangienhäufchen. II Ein solches im Durchschnitt, 15mal vergröſsert, *y* ein Sporangium.

[1]) Botanische Zeitung 1849. p. 537.

drei flache und eine gewölbte Seite; letztere berührte die Wand der Mutterzelle, die drei anderen dagegen wurden durch die gegenseitige Berührung der Sporen im beschränkten Raum abgeplattet. Die von mir untersuchten Farnsporen bestehen aus zwei Membranen, einer inneren farblos durchsichtigen, der eigentlichen Sporenzelle, welche beim Keimen schlauchartig hervortritt, und einer äufseren, meistens braungefärbten, gleich den Pollenkörnern oftmals mit zierlichen Leisten, Vorsprüngen, Stacheln oder Warzen besetzten Hülle. — Am Sporangium unterscheidet man eine Reihe meistens stark und einseitig, nach innen, verdickter Zellen, welche als unvollständiger Ring, nach einer bestimmten Richtung, an der aus einer Zellenschicht gebildeten Wand des Sporangiums auftritt und Ring, Annulus, genannt wird (Fig. 184). Zur Zeit der Reife ziehen sich die einseitig verdickten

Fig. 184.



Fig. 185.

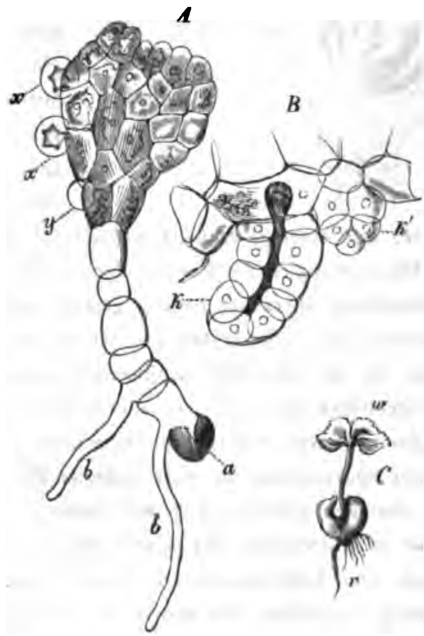


Fig. 184. Pteris serrulata. *A* Das Sporangium kurz vor dem es sich öffnet, *a* der Annulus, bei *b*, wo später das Sporangium aufreifst, fehlt derselbe. *B* Eine Spore. *A* 80 mal, *B* 300 mal vergröfsert.

Fig. 185. Keimung eines Farnkrautes (Pteris serrulata). *A* Der Vorkeim aus der Spore hervorgegangen, *a* die Spore, *b* Wurzelhaare, *x* u. *y* Antheridien.

Zellen dieses Ringes durch Wasserverlust zusammen und bewirken so ein unregelmäſsiges Aufreiſsen des Sporangiums an derjenigen Stelle, wo dieser Ring aufhört (Pteris, Balantium, Davallia); den Sporangien der Osmunda fehlt derselben.

Die Farnkrautsporen keimen in der Regel leicht, innerhalb 3 bis 4 Wochen. Aus einem Riſs der Auſsenhaut der Spore tritt alsdann zuerst eine durchsichtige, schlauchförmige Zelle hervor, die sich theilt, und zu einem aus einer Zellenreihe bestehenden Faden wird, der durch seitliche Verlängerung einzelner Zellen Wurzelhaare bildet und bald an seinem Ende ein flächenartiges Gebilde, den Vorkeim (Prothallium) entwickelt, in dessen Zellen reichlich Chlorophyll entsteht (Fig. 185). An der Unterseite dieses flächenartigen, am Rande immer aus einer, in der Mitte, später aus mehreren Zellenlagen, bestehenden Vorkeimes entstehen nun die Geschlechtsorgane und zwar die männlichen Organe früher als die weiblichen. Nicht selten erscheint die Antheridie schon an den Zellenfäden, noch ehe die Bildung des eigentlichen Vorkeimes beginnt, und gerade in dieser Lage kann man ihre Entwickelung am besten studiren.

Die **Antheridie** oder das **männliche Organ**, welche am flächenförmigen Vorkeime immer an der Unterseite entsteht, bildet sich aus einer papillenartigen Ausstülpung einer an der Oberfläche liegenden Zelle. Während nun diese Papille wächst, entsteht am Grunde derselben eine wagerechte Scheidewand, wodurch selbige gleich dem Hörnchen von Vaucheria (Taf. VI. Fig. 7 *b*) zur selbstständigen Zelle wird (Taf. VII. Fig. 34). Darauf bildet sich durch wiederholte Theilung eine aus einer einfachen Zellenlage bestehende Wandung (Taf. VII. Fig. 35), welche bei der fertigen Antheridie eine unbestimmte Zahl kleiner, runder, freier Zellen, die Mutterzellen der Schwärmfäden, umschlieſst; letztere aber sind, so viel ich beobachtet zu haben glaube, zu 4 in einer Mutterzelle entstanden. Nach Wigand soll nun die Antheridie der Farnkräuter bei derselben Art (Pteris serrulata u. A.) bald aus einer einfachen, noch nicht einmal von der vegetativen, Chlorophyll führenden, Lagerzelle, welche sie trägt, durch eine Scheidewand getrennten Zelle; bald aus einer ebenfalls einfachen, aber durch solche Scheidewand

(80 mal vergröſsert.) *B* Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim, *k* ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat, *k'* ein ganz junges Keimorgan. (200 mal vergröſsert.) *C* Die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher Gröſse, *w* der erste Wedel, *r* die erste Wurzel.

getrennten, und bald wieder aus einem Organ bestehen, das eine einfache, aus einer Zellenschicht zusammengesetzte Wandung besitzt, sowie es Nägeli, Hofmeister, v. Mercklin, Milde und ich beschrieben haben[1]). — Ich mufs gestehen, dafs mir solche Schwankungen nicht vorgekommen sind, und dafs ich wenigstens die erste Art für sehr unwahrscheinlich halte, da sogar die einfachste Antheridie, welche wir überhaupt kennen, das Hörnchen der Vaucheria, immer durch eine Scheidewand von dem mit Chlorophyll erfüllten Algenfaden getrennt ist. Suminsky hat die Antheridien der Farnkräuter gleichfalls als einfache Zellen abgebildet.

Bei Pteris serrulata messen die Spiralfadenzellen (Schwärmfadenzellen) kurz vor dem Aufspringen der Antheridie $\frac{1-2}{400}$ millim., bei Asplenium Petrarcae dagegen $\frac{0-2}{400}$ millim. Die Antheridie öffnet sich jederzeit an ihrer Spitze, die Schlufszelle hebt sich mehr oder weniger von den übrigen Zellen ab (Taf. VII. Fig. 36), scheint aber auch häufig zu platzen und zusammenzufallen. Das Aufspringen scheint nach dem Grade der Reife, sowohl in als aufserhalb des Wassers, zu erfolgen. Ein ziemlich entwickelter Vorkeim zeigt immer neben einer Menge bereits aufgesprungener Antheridien noch andere in verschiedenen Entwickelungszuständen, welche sich nach ihrem Alter zu verschiedenen Zeiten öffnen.

Sobald sich die Antheridie an ihrer Spitze öffnet, treten die Spiralfadenzellen nach einander hervor, werden aber niemals, wie bei den Lebermoosen, mit einem Stoffe sämmtlich ausgetrieben. Oftmals ist die Oeffnung, durch welche sie passiren müssen, so enge, dafs die runde Form der Zellen verschwindet und sich statt ihrer der Spiralfaden hervorschraubt, wobei sich die Windungen desselben bedeutend aus einander ziehen (Taf. VII. Fig. 36); aber sobald der Faden frei ist, schiefst er, sich wieder schraubenartig aufrollend, im Wasser dahin. In der Regel treten jedoch die Spiralfadenzellen unversehrt heraus, liegen alsdann kürzere oder längere Zeit, während welcher immer neue Spiralfadenzellen aus der geöffneten Antheridie hervorkommen, stille; darauf beginnt eine Drehung, welche einige Secunden aber auch einige Minuten dauern kann, und die manchmal plötzlich unterbrochen wird, sich aber nach einer Pause erneuert, worauf meistentheils nach einem momentanen Stillstand ein plötzlicher Stofs erfolgt und ohne, dafs ein

[1]) v. Mercklin hat bisweilen kurz gestielte Antheridien gefunden.

Zerreifsen der Zelle sichtbar wird, der entfesselte Faden im Wasser dahineilt. Statt Ueberreste einer zersprengten Membran findet man, wenn mehrere Spiralfäden entflohen sind, an der Stelle, wo sie sich frei machten, gröfsere oder kleinere Körnerhaufen, die wie der Spiralfaden selbst durch Jod gelb gefärbt werden. Bei Pteris serrulata und Adiantum formosum erfolgt das Freiwerden des Schwärmfadens ungleich schneller als bei Asplenium Petrarcae. Die Spiralfadenzelle von Pteris beginnt, kaum aus der Antheridie getreten, ihre Drehung, einige Secunden später erfolgt schon der beschriebene Stofs und der freie Spiralfaden entflieht den Blicken des Beobachters. Bei Asplenium Petrarcae dagegen liegen die Spiralfadenzellen oftmals 5—10 Minuten ruhig neben einander,. und dann erst beginnt die Drehung um ihre Achse. Dieselbe dauert wieder nicht selten ebenso lange, der plötzlich erfolgende Stofs ist weniger bemerkbar und unterbleibt sogar bisweilen; das Spiralband entfaltet sich in diesem Falle langsam und geht während seiner Entfaltung langsam davon. Nicht selten unterbleibt auch die anfängliche Drehung der Zelle, dann aber tritt die Entfaltung des Fadens plötzlich und mit dem beschriebenen Stofse ein. Bisweilen bleiben auch einige Spiralfadenzellen in der Antheridie zurück und entlassen in derselben ihren Faden.

Aufser dem aufgerollten Spiralfaden sieht man in den Spiralfadenzellen der Antheridie gröfsere oder kleinere Körner, wie es scheint von schleimiger Beschaffenheit, welche Jod gelb färbt. Das freigewordene Spiralband eilt so schnell dahin, dafs man seine wahre Gestalt nur dann erkennen kann, wenn seiner Bewegung Hindernisse in den Weg treten und dasselbe, wie nicht selten geschieht, an irgend einem Gegenstande hängen bleibt. Die Hauptbewegung ist, wie man alsdann mit Deutlichkeit erkennt, die Drehung des Fadens um seine Achse. — Die verschiedenen Bewegungen des Schwärmfadens sind von Wigand vortrefflich beschrieben.

Wenn sich der Spiralfaden, der etwas klebriger Natur zu sein scheint, an irgend einen Gegenstand festhängt, so zählt man in der Regel 4½ bis 5 Windungen. Die erste Windung beschreibt den kleinsten Kreis, die letzte den gröfsten[1]), am Ende derselben bemerkt man ein kleines sehr zartes Bläschen, das schwer sichtbar zu machen ist, aber nicht zu fehlen und sich durch Wasseraufnahme zu vergröfsern

[1]) Ich habe früher diese letzte Windung als die erste bezeichnet, nenne sie aber jetzt mit den anderen Autoren die letzte Windung.

scheint und am engeren, vorderen Ende des Spiralfadens sieht man bei langsamer Bewegung des letzteren eine der Flimmerbewegung des Thierreiches ähnliche Erscheinung. Fügt man einen Tropfen Jodlösung hinzu, so hört die Bewegung des Fadens augenblicklich auf und man erblickt jetzt einen zierlichen Wimperkranz. Die langen Wimpern messen bei Asplenium Petrarcae $\frac{6}{400}$ millim., sie scheinen über den ganzen vorderen Theil des Schwärmfadens verbreitet zu sein, dagegen der letzten, mittelsten und wahrscheinlich auch der folgenden Windung zu fehlen. Die beiden letzten Windungen sind ungleich breiter und bandartig abgeplattet, die mit Wimpern bekleideten Windungen dagegen erscheinen rund (Taf. VII. Fig. 37). Die Wimpern schlagen immer nach derselben Richtung, sie bedingen wahrscheinlich die Drehung des Fadens um seine Achse, die niemals wechselt; die einzelnen Windungen des Spiralfadens nähern und entfernen sich dagegen, wie bereits erwähnt, unregelmäfsig von einander; ihre scheinbar willkürliche Dehnbarkeit bedingt vielleicht die scheinbar ebenso willkürliche Bewegung des Fadens. Der Durchmesser der Schwärmfadenzellen von Pteris serrulata mifst $\frac{5-6}{400}$ millim., die Länge der Wimpern des Schwärmfadens $\frac{6}{400}$ millim.; bei Asplenium Petrarcae beträgt der Durchmesser der Schwärmfadenzelle $\frac{7-9}{400}$ mill., der Durchmesser des aufgerollten Schwärmfadens $\frac{5}{400}$ millim.; die Länge des Fadens im ziemlich gestreckten Zustande mifst $\frac{12}{400}$ millim., der Durchmesser der Blase am Ende des Fadens beträgt $\frac{6}{400}$ millim., der Durchmesser derselben Blase 10 Minuten später $\frac{10}{400}$ millim. Aufser dem Schwärmfaden beobachtet man in seiner Mutterzelle gröfsere oder kleinere Körner, wie es scheint, von schleimiger Beschaffenheit (Jod färbt sie gelb). Das freigewordene Spiralband eilt sehr schnell dahin, es bohrt sich mit seiner engsten Windung voran durchs Wasser. Die Wimpern entfalten sich während der langsamen Drehung des noch zusammengerollten Fadens[1]). Die Hauptbewegung ist die unabänderliche Drehung des Fadens um seine Achse, diese Drehung erfolgt unter dem Mikroskop von links nach rechts, also in der Wirklichkeit von rechts nach links. Der Schwärmfaden kann sich aufserdem nach Umständen ganz oder theilweise strecken und wieder zusammenziehen, so dafs bald die eine Windung desselben der folgenden genähert, bald die andere von der folgenden entfernt

[1]) Kleine den Wimpern anhängende Körnchen, welche aber auch sehr häufig fehlen und ebenso an oder in der Blase sitzen, werden von v. Merklin für etwas Wesentliches gehalten.

wird; die fortschreitende Bewegung des Fadens muſs daher sehr unregelmäſsig werden; der Faden steuert bald rechts, bald links, schieſst manchmal gerade vorwärts und kehrt dann plötzlich wieder um. — Die Bewegung der Schwärmfäden lieſs sich Stunden lang verfolgen; Suminsky will sie Tage lang beobachtet haben. Schon die allerschwächste Jodlösung hemmt sie augenblicklich und für immer, der Faden zieht sich meistentheils zusammen und seine Wimpern treten starr aus einander; niemals sah ich nach Zusatz von Jodwasser einen gestreckten Faden wie bei Plagiochila und Pellia; sowohl der Faden als dessen Wimpern färbten sich gelb, das Bläschen aber war so zart, daſs es kaum gefärbt erschien. Alkohol hemmte ebenfalls augenblicklich die Bewegung; dagegen ward Blausäure und Strychninlösung sehr gut vertragen, noch Stunden lang bewegten sich die Fäden.

Vergleichen wir jetzt den Bau und die Bewegungen der Schwärmfäden der Charen, Moose und Lebermoose mit den Schwärmfäden der Farn, so zeigt sich, bei groſsen Verschiedenheiten im Bau des Schwärmfadens selbst, doch wiederum eine groſse Uebereinstimmung. Sowohl bei den Lebermoosen und Laubmoosen als auch bei den Farnkräutern sehen wir einen spiralförmig aufgerollten Faden, der sich unter dem Mikroskop von links nach rechts um seine Achse dreht; bei den Farnkräutern ist dieser Faden mit Wimpern bekleidet, bei den Charen und Moosen ist er glatt, die Schwärmfäden der letzteren sind dagegen an einem Ende mit zwei peitschenschnurartigen, sehr dünnen Verlängerungen versehen, die, ungeheuer beweglich, sich sowohl spiralförmig aufrollen als auch unregelmäſsig hin und herschwenken. Diese langen schnurartigen Fäden sind das eigentliche Bewegungsorgan, sie ersetzen den Charen und Moosen, wie es scheint, den Wimperbesatz des Spiralfadens der Farrnkräuter. Der Schwärmfaden der letzteren besitzt am hinteren Ende ein zartes Bläschen, der Spiralfaden von Pellia ist an demselben Ende mit einem zarten runden Scheibchen versehen; bei Pellia ist dies Scheibchen der Ueberrest der Schwärmfadenzelle und das Bläschen der Farnkräuter möchte vielleicht dieselbe Bedeutung haben, es ist wahrscheinlich dieselbe Scheibe, die später durch Aufnahme von Wasser blasenartig anschwillt (?). Bei Chara und Plagiochila scheint dies Scheibchen immer zu fehlen, bei Pellia löst sich dasselbe nur selten vom Faden, ohne jedoch der Bewegung des letzteren Eintrag zu thun. Die Scheibe oder das Bläschen scheint mir demnach für den freien Faden selbst unwesentlich. Bei Plagiochila ist die Zelle

wahrscheinlich so zart, dafs sie beim Entfalten des Spiralfadens zergeht, bei Chara aber ist sie in der Regel schon verschwunden, ehe der Faden seiner Haft entschlüpft, bei Haplomitrium hinterbleibt ein Schleimklümpchen (?) als Ueberrest derselben. Der Schwärmfaden und seine Bewegungsorgane sind stickstoffhaltig, die Zelle, in der er sich bildet, ist keine Schleimzelle, ihre Membran scheint stickstofffrei zu sein (p. 245). — Für die Beobachtung der Schwärmfäden ist eine starke Objectiv- und eine schwache Ocular-Vergröfserung nothwendig; um die Wimpern zu sehen mufs man stark abblenden, überhaupt die Beleuchtung gut reguliren; nach dem langsamen Verdunsten des Wassers auf unbedeckter Glasplatte erscheinen die Wimpern am deutlichsten.

Die Gröfse der Antheridien und danach auch die Zahl der in ihnen entstandenen Spiralfäden ist auf demselben Farnkrautvorkeime verschieden; an ganz jungen Prothallien sind die Antheridien meistens kleiner, sie enthalten nur 12 — 20 Spiralfäden, die gröfseren Antheridien entlassen dagegen 30 Schwärmfäden und darüber. Die reife Antheridie enthält niemals Chlorophyll, geöffnet nimmt dieselbe in der Regel bald eine braune Färbung an. Ich habe bis 60 Antheridien auf einem Vorkeim gefunden.

Während das männliche Organ mit der Bildung des flächenförmigen Vorkeimes, ja nicht selten schon vor derselben erscheint, zeigt sich das weibliche Organ, welches man Archegonium oder Keimorgan nennt, erst, wenn das Prothallium eine ziemliche Gröfse erreicht hat und zwar immer nur auf der aus mehreren Zellenlagen bestehenden polsterartigen Mitte desselben[1]). Es tritt hier an der Unterseite genau so hervor wie das Pistill der Laub- und Lebermoose, entspricht auch in seinem Bau durchaus demselben, indem es aus einem ziemlich kurzen Hals und einer im Gewebe des Vorkeimes liegenden Centralzelle oder Centralhöhle besteht (Taf. VII. Fig. 38). Anfänglich ist der Hals geschlossen, dann aber öffnet er sich an seiner Spitze, gleich dem Pistill der Lebermoose, und ein, entweder durch Resorption der Querwände einer axilen Zellenreihe, oder, wie es mir wahrscheinlicher ist, durch Auseinanderweichen der Zellen, entstandener Canal führt zur Centralzelle hinab, in welcher nach Hofmeister das Keimbläschen liegt, welches nach der Befruchtung zur

[1]) In dieser Region des Vorkeimes sollen nach v. Merklin bisweilen vereinzelt gestreifte Gefäfse vorkommen; ich habe dieselben niemals gesehen.

Mutterzelle der neuen Pflanze wird[1]). Ich bin zwar nicht so glücklich gewesen, das Keimbläschen mit Sicherheit zu sehen, zweifle aber nicht mehr an dessen Dasein, vermuthe jedoch, dafs letzteres eben so zart und in Wasser vergänglich sein wird wie das Keimbläschen, oder, wie ich es passender zu nennen glaube, Keimkörperchen der phanerogamen Gewächse. Mettenius und v. Merklin haben das Keimbläschen gleichfalls gesehen und Wigand, welchem dasselbe früher wie mir entgangen war, bestätigt später dessen Dasein; dagegen bleibt es ihm zweifelhaft, ob selbiges die ursprüngliche Centralzelle selbst, oder wie Hofmeister angiebt, eine freie in der letzteren entstandene Zelle ist. — Es kommen selten mehr als 8 Keimorgane auf dem Vorkeim vor; Wigand will bisweilen nur ein einziges gefunden haben, auch sollen nach ihm sowohl ganz sterile als auch männliche und weibliche Vorkeime gefunden werden.

Das Eindringen der Schwärmfäden in das Keimorgan ist bis jetzt erst von Suminsky, v. Merklin und Hofmeister gesehen worden. Nach dem ersteren soll ein Spiralfaden mit dem einen Ende in die vorhandene Zelle, welche Suminsky Keimsack nennt, eindringen und anschwellen, die Anschwellung des eingedrungenen Spiralfadens aber soll zur Anlage der jungen Keimpflanze werden. Die in dem wirklichen Keimbläschen entstandene Zellen hielt Suminsky für den Anfang eines Endosperms (Sameneiweifses). Derselbe glaubte damit die Schleiden'sche Befruchtungstheorie auch für die Farnkräuter bestätigt zu finden. Dafs diese Auffassung aber nicht die richtige ist, unterliegt jetzt keinem Zweifel, zumal da jene Zellen, welche Suminsky als das Sameneiweifs ansprach, die ersten Zellen der Keimanlage sind. Hofmeister sagt dagegen: »Die Samenfäden, in den Canal des Archegonium eingedrungen, bahnen sich durch den ihn erfüllenden Schleim den Weg bis ins Innere der Centralzelle, wo sie das, der oberen Wölbung derselben, nahe der Innenmündung des Canals, angeschmiegte, mit seinem halbkugeligen freien Ende in den Raum der Zelle herein-

[1]) Nach Suminsky soll das Keimorgan ursprünglich offen sein, was selbst noch v. Merklin vertheidigt wird, aber durch meine und Hofmeister's Untersuchungen zur Genüge widerlegt ist; die Schwärmfäden können deshalb nicht vor Bildung des Halstheiles in das Keimorgan gelangen und die von v. Merklin in dem letzteren vor der Oeffnung des Halstheiles beobachteten keulenförmigen Massen, welche ich ebenfalls gesehen, können keine veränderte Spiralfäden sein. Dagegen beobachtete v. Merklin auch einmal den Eintritt des Schwärmfadens durch den geöffneten Hals des Archegoniums, welche Beobachtung hier allein in Betracht kommt.

ragende Keimbläschen lebhaft umspielen. Ihre Bewegungen dauerten in einem Falle, wo ihrer 3 in die Centralzelle eines Archegonium von Asp. felix mas gelangt waren, noch 7 Minuten vom Beginn der Beobachtung an. Das Aufhören derselben war begleitet (und vermuthlich bedingt) vom Gerinnen der eiweifsartigen Stoffe der Inhaltsflüssigkeit der Centralzelle.« — »Wo Samenfäden in der Centralzelle sich fanden, erschien deren Eingang durch Dehnung der benachbarten Zellen fast verschlossen. Offenbar erfolgt dieses Zuwachsen der Innenmündung unmittelbar nach dem Eintritt der Samenfäden in die Centralzelle. Es ist die erste Erscheinung, in welcher die vollzogene Befruchtung sich zu erkennen giebt. — Das befruchtete Keimbläschen vergröfsert sich, bis es die Centralzelle ausfüllt und nun beginnt die Reihenfolge seiner Theilungen, durch welche die verschiedenen Organe des Embryo angelegt werden.«

So ist nun jetzt das Eindringen der Schwärmfäden in das Keimorgan der Farnkräuter, welches anfänglich sehr in Zweifel gezogen wurde, durch Hofmeister sicher gestellt; allein es bleibt noch fraglich, ob die Samenfäden auch in das Keimbläschen eindringen, oder ob sie nur durch endosmotische Einwirkung dasselbe befruchten; Hofmeister ist der letzteren Ansicht und hat sogar die von Pringsheim gegebene directe Beobachtung des Eindringens der Spermatozoiden von Vaucheria und Oedogonium in die Befruchtungskugel in Zweifel gezogen; ich dagegen vermuthe, gestützt auf Pringsheim's Untersuchungen bei den Algen und meinen Wahrnehmungen bei der phanerogamen Pflanze, dafs eine directe Vermischung der befruchtenden Substanz, also auch ein wirkliches Eindringen der Schwärmfäden stattfindet. Im Keimbläschen der höheren Kryptogamen erblicke ich aber ein Analogon der Pringsheim'schen Befruchtungskugel für die Algen, welche wiederum meiner Protoplasmakugel des Keimkörperchens der Phanerogamen entspricht (Man vergleiche hierfür den Abschnitt über die Befruchtung der phanerogamen Gewächse).

In dem befruchteten Keimbläschen geht nun, wie dies von Hofmeister und Wigand[1]) nachgewiesen ist, eine Zellentheilung vor sich; man findet alsbald unter dem geöffneten und absterbenden Halse des

[1]) Ich habe die ersten Theilungen des befruchteten Keimbläschens nicht gesehen, dagegen von einem wenig späteren Zustand ab die weitere Ausbildung vollständig verfolgt.

Keimorganes eine kleine aus Zellen zusammengesetzte Kugel, welche sich anfänglich frei herauspräpariren läfst; dieselbe verläfst darauf die Kugelgestalt, es differenziren sich zwei einander gegenüberliegende Regionen, die nach oben gewandte wird zur Stammknospe (Plumula), die abwärts gerichtete dagegen zur Wurzelanlage (Radicula). Im Innern des nunmehr angelegten jungen Embryo entstehen darauf die ersten Gefäfsbündel und unter dem leicht zu übersehenden sehr flachen Vegetationskegel der Stammknospe erscheint das erste Blatt (Wedel), welches vor der jungen Wurzel das Gewebe des Vorkeimes durchbricht und dem Licht entgegenwächst (Taf. VII. Fig. 39 *b*), während bald darauf auch die erste Wurzel (*c*), die man sehr wohl Pfahlwurzel nennen kann, mit einer ausgeprägten Wurzelhaube versehen, hervortritt und sich nach abwärts verlängert. Die junge Pflanze entwickelt sich nunmehr, nach einander neue Blätter und Wurzeln bildend, weiter und der an Wurzelhaaren reiche Vorkeim ernährt sie nur noch so lange, bis ihre eignen Wurzeln und Blätter hinreichend für Nahrung sorgen können, worauf der Vorkeim abstirbt. Sehr selten erheben sich mehr als eine Pflanze auf dem Vorkeim; viel häufiger stirbt derselbe ab ohne eine junge Pflanze zu entwickeln.

Junge Vorkeime mit keimenden Pflanzen des Ophyoglossum wurden von Mettenius[1]) gefunden. Der Vorkeim kriecht als fadenförmiger, mit einem centralen Bündel langgestreckter Zellen versehener, farbloser Organismus im Boden, er wird erst grün, wenn er ans Licht gelangt. Auf seiner Oberfläche entstehen zahlreiche Antheridien und Keimorgane, die den andern Farnkräutern ähnlich gebaut sind; auch die Schwärmfäden der Antheridien sind an den vorderen Windungen mit schwingenden Wimpern bekleidet. Das Keimbläschen in der Centralzelle des Keimorgans erhält nach Mettenius erst durch die Befruchtung eine feste Membran; aus ihm entsteht darauf die Keimpflanze in ähnlicher Weise wie bei den andern Farnkräutern, doch bilden sich nicht selten zwei junge Pflanzen auf einem Vorkeime aus.

Die Entdeckung der geschlechtlichen Fortpflanzung der Farnkräuter ist auch für die Kunstgärtnerei von Nutzen gewesen, indem man jetzt durch Aussaat der Farnsporen, welche meistens jahrelang ihre Keimkraft bewahren, und oftmals noch von Herbariumexemplaren keimfähig sind, junge Farnkräuter heranzieht und dabei, wenn die

---

[1]) Mettenius, die Farne des botan. Gartens zu Leipzig. Taf. XXX.

Sporen verschiedener Arten zufällig oder absichtlich neben einander zum Keimen gelangen, sehr häufig Bastarde erhält.

Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung der Farnkräuter geschieht durch Knospenbildung auf der Blattfläche, ähnlich wie bei Bryophyllum oder auch auf dem Blattstiel (bei Woodwardia radicans); die einzelnen Zellen können hier nicht mehr, wie bei den niederen Krytogamen, eine neue Pflanze erzeugen (p. 253)[1]).

Die Fortpflanzung der Equisetaceen.

§. 66. Die Sporenfrüchte der Equisetaceen bilden sich an einem ährenförmigen Fruchtstande der ausgebildeten Pflanze. Die Sporenfrüchte selbst stehen, dem Pollensäckchen der Cupressineen ähnlich, zu mehreren am unteren Rande eines scheibenförmigen Blattorgans, und öffnen sich wie diese mit einer Spalte. Die Sporen entstehen, wie bei den höheren Kryptogamen überhaupt (von den Lebermoosen und Laubmoosen aufwärts) zu 4 in einer Mutterzelle; die letztere aber verschwindet hier bald, während sie bei den anderen Kryptogamen erst nach vollendeter Ausbildung der Sporen resorbirt wird. Die Spore selbst zeigt nun die Eigenthümlichkeit, dafs ihre äufseren

---

[1]) Zur Literatur über die Fortpflanzung der Farnkräuter:

Henfry, On the developement of ferns from their spores. Trans. of the Linn. Soc. 1855.

Hofmeister, Fruchtbildung und Keimung der höheren Kryptogamen. Bot. Zeit. 1849. p. 793. — Ders., Vergl. Untersuchungen über Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. p. 78—88. — Ders., Befruchtung der Farnkräuter. Flora 1854. p. 257. Bericht der sächs. Gesellschaft der Wissenschaft 1854.

Lesczyc-Suminsky, Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter. Berlin 1848.

v. Mercklin, Beobachtungen an dem Prothallium der Farnkräuter. Petersburg 1850. — Ders., in der Linnaea. 1850.

Mettenius, Zur Fortpflanzung der Gefäfskryptogamen. Mettenius Beiträge 1850. p. 3—29. — Ders., Die Farne des botanischen Gartens zu Leipzig.

Münter, F., Zur Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter. Bot. Zeit. 1843. pag. 41.

Nägeli, Bewegliche Spiralfäden bei den Farn. Schl. und Nägeli's Zeitschrift Heft 1. p. 168—188.

Schacht, Entwickelungsgeschichte des Sporangiums und der Sporen einiger Farnkräuter. Botan. Zeitung 1849. p. 537. — Ders., Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter. Linnaea 1849.

Thuret, Note sur les anthéridies des Fougéres. Annal. des sciences. 3e Série. Taf. XI. (1849.)

Wigand, Entwickelungsgeschichte der Farnkräuter. Bot. Zeit. 1849. p. 17. — Ders., Weitere Untersuchungen über die Keimung der Farn. Wigand's botanische Unters. 1854. p. 31—64.

Verdickungsschichten, welche man nach Nägeli als die Wand der Specialmutterzelle betrachtet (Bd. 1. p. 85), hier nicht, wie bei den Sporen der übrigen Kryptogamen, und wie bei den Pollenkörnern, später aufgelöst werden, sondern in Form zweier sich von den fertigen Sporen theilweise ablösender Spiralbänder verblieben, welche unter dem

Fig. 186.



Namen der Schleuderer (Elateres) der Equisetaceen, früher in der Befruchtungsfrage viel Spuk gemacht haben (Fig. 186 *f* u. *g*). Diese sehr hygroskopischen Spiralbänder entstehen, wie Schleiden und Pringsheim vermuthen, durch spiralförmige Verdickung der Special-Mutterzellenwand, nach v. Mohl und Sanio aber durch ein regelmäfsiges Zerreifsen dieser Wand, welches nach Sanio's Beobachtungen von der Mitte der Sporen ausgeht. Der letztere sah über den beiden um die kugelige Spore gewickelten Spiralbändern keine zarte, vollkommen geschlossene Membran. Ich möchte die beiden Spiralbänder der Schachtelhalmsporen mit dem einfachen Spiralbande, welches das Pollenkorn der Thunbergia coccinea umwindet, vergleichen. Dasselbe unterscheidet sich nur dadurch von den analogen Bildungen der Equisetaceenspore, dafs es nicht wie diese abrollbar ist, sondern zwischen seinen Windungen das Austreten des Pollenschlauches erlaubt. Das Spiralband des Pollenkornes der Thunbergia ist aber nicht die äufserste, eigentlich primäre Membran des Pollenkorns, denn diese ist als sogenannte Specialmutterzelle bereits verschwunden, es entsteht vielmehr, wie die Aufsenhülle der Pollenkörner überhaupt, aus den äufseren Verdickungsschichten der Pollenzelle[1]) und dasselbe möchte sehr wahrscheinlich auch für die Spore des Schachtelhalmes gelten. Was aber die Bildung der beiden Spiralbänder betrifft, so möchte ich lieber mit Schleiden und Pringsheim eine spiralförmige Verdickung als Ursache derselben annehmen; so lange die Spiralbänder sich unmittelbar berühren, werden selbige allerdings nicht sichtbar sein,

Fig. 186. Sporen verschiedener Kryptogamen. *a* Vom Fliegenschwamm, *b* der Gährungspilz des obergährigen Bieres, *c* die Spore der Trüffel, *d* die Spore von Borrera ciliaris, *e* von Pteris aquilina, *f* u. *g* von Equisetum (vergröfsert).

[1]) Siehe weiter oben beim Pollenkorn.

sobald sie aber durch Ausdehnung der Spore von einander treten, wird dieser Vorgang sich scheinbar als ein Zerreifsen kundgeben, das schwerlich ohne organische Anlage so regelmäfsig erfolgen würde[1]).

Die Geschlechtsorgane der Equisetaceen bilden sich wie bei den Farnkräutern am flächenartigen Vorkeime und sind den entsprechenden Organen der genannten Pflanzengruppe sehr ähnlich.

Das männliche Organ, oder die Antheridie erscheint nach Hofmeister und Milde namentlich am Rande des vielfach zertheilten Vorkeimes, es bildet sich, wie bei den Farnkräutern, früher und in gröfserer Anzahl als das weibliche Organ, ist wie dort ungestielt und mit einer aus einer einfachen Zellenschicht bestehenden Wandung versehen; es öffnet sich an seiner Spitze durch Auseinandertreten der Zellen. Die hervortretenden Spiralfadenzellen drehen sich ein Weilchen, platzen alsdann und der entfesselte Faden eilt dahin. Nach Milde und Hofmeister ist derselbe dem Schwärmfaden der Farnkräuter ähnlich, aber gröfser als alle bis jetzt bekannte Schwärmfäden. Aus mehreren schraubenförmigen Windungen bestehend sind nur die beiden vorderen engeren Windungen mit schwingenden Wimpern besetzt, die letzte Windung aber ist nach Hofmeister mit einem breiten flossenartigen Anhängsel, der undulirenden Membran der Spermatozoën von Kröten und Tritonen ähnlich, versehen. Bisweilen schleppt der Schwärmfaden noch seine Mutterzelle mit sich herum, wie ich dies in Uebereinstimmung mit Mercklin und Anderen auch für die Farnkräuter beschrieben habe. In andern Fällen endigt dagegen die letzte Windung mit einem langen schnurförmigen Faden. Milde fand 150 und mehr Schwärmfäden in einer Antheridie; er sah die Schwärmfäden sich 16 Stunden lang im Wasser bewegen.

Die Vorkeime von Equisetum arvense, pratense und palustre sind nach Hofmeister diöcisch; nur in sehr seltenen Fällen erscheinen später auf den reichlich Antheridien tragenden Vorkeimen an besonderen Sprossen einige weibliche Organe. Das weibliche Prothallium bildet dagegen niemals Antheridien, es ist der jungen Pflanze des Anthocerus punctatus ähnlich. Auch das weibliche Organ erhebt sich auf dem Rande des Vorkeimes, seine Entwicklung und sein Bau

---

[1]) In der Bastzelle der Caryota urens und anderer Palmen sieht man oftmals unter Wasser keine Structur; sobald man aber Chlorzink-Jodlösung oder Jod- und Schwefelsäure zusetzt und ein Aufquellen der Wand erfolgt, zeigen sich in ihr die zierlichsten Verdickungsformen.

entspricht dem Keimorgan (Archegonium) der Farnkräuter. Die Centralzelle sowohl als auch das freie Keimbläschen in ihr wurden von Hofmeister und Milde nachgewiesen. Das Archegonium öffnet sich darauf an seiner Spitze, und aus dem befruchteten Keimbläschen entsteht ganz allmälig, in ähnlicher Weise wie bei den Farnkräutern, die junge Pflanze. Das erste die Keimachse ringförmig umfassende Blatt entsteht noch innerhalb des Keimorgans, die erste Wurzel (Adventivwurzel) bricht etwas früher als der sich erhebende Stamm aus dem Gewebe des Vorkeims hervor und geht abwärts in den Boden. Bald nach dem Hervortreten der Wurzel und des Laubsprosses entstehen nach Hofmeister die ersten Gefäfsbündel, im Stengel deren drei, in der Wurzel dagegen nur ein einziges. Es erscheinen 20—30 Archegonien auf einem Vorkeim, auch werden häufig mehrere Keimpflanzen entwickelt.

Die ungeschlechtliche Vermehrung der Equisetaceen erfolgt durch Brutknospen und unterirdische Ausläufer. Die quirlförmig stehenden Seitenäste des Stammes entstehen aus Adventivknospen im Gewebe der Rinde an der ringförmigen Basis des stengelumfassenden Blattes.

---

[1]) Zur Literatur der Equisetaceen und ihrer Fortpflanzung:

Agardh, M., Observations sur la germination des Prêles. Mém. du Mus. d'Hist. nat. IX. 1822.

Bischoff, Die kryptogamischen Gewächse. Nürnberg 1828. — Ders., Zur Entwickelungsgeschichte der Equisetaceen. Bot. Zeit. 1853. p. 97.

Cramer, Ueber Equisetum arvense u. s. w. Nägeli und Cramer, Pflanzenphys. Unters. Heft 3. 1855.

Hofmeister, Vergl. Unters. der Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. — Ders., Beitrag zur Kenntnifs der Gefäfskryptogamen. Abh. der sächs. Gesellschaft der Wissenschaft 1852. — Ders., Fruchtbildung und Keimung der höheren Kryptogamen. Bot. Zeit. 1849. — Ders., Beitrag zur Kenntnifs der Gefäfskryptogamen. — Ders., Keimung der Equisetaceen. Flora 1852. p. 485.

Milde, De sporarum equisetorum germinatione. Vratislaviae 1850. — Ders., Antheridien der keimenden Equiseten. Bot. Zeit. 1850. p. 448. — Ders., Entwickelung der Equiseten. Bot. Zeit. 1852. p. 537. — Ders., Auftreten der Archegonien am Vorkeim des Equiset. Telmateja. Flora 1852. p. 497. — Ders., Entwickelung der Equiseten und Rhizocarpeen. Acta A. L. C. XXIII. p. II. — Ders., Beiträge zur Kenntnifs der Equisetaceen. A. L. C. XXIII. p. II.

Pringsheim, Die Schleuderer der Equisetaceen. Bot. Zeit. 1853. p. 241.

Sanio, Sporenbildung von Equisetum palustre. Bot. Zeit. 1856. p. 177. und 1857. p. 657.

Vaucher, Monographie des Prêles. Mém. de la soc. de Phys. etc. de Genève. Tom. I. part. 2. 1822. — Ders., Mémoire sur la fructification des Prêles. Mém. de Mus. d'Hist. nat. Tom. X. 1823.

Die Fortpflanzung der Lycopodiaceen.

§. 67. Die Früchte (Sporangien) der Lycopodiaceen erscheinen als kleine, meistens mit einer Spalte aufspringende, Kapseln in der Achsel der Blätter, häufig auf einem besonderen ährenförmigen Fruchtstande. In diesen Sporangien bilden sich nun Sporen zweierlei Art, nämlich gröfsere weibliche, welche in eigenthümlicher Weise keimen, und kleinere männliche, in denen später zahlreiche Schwärmfäden entstehen. Die Sporangien der weiblichen Sporen hat man Kugelkapseln genannt. Bei Selaginella denticulata bildet sich nach Hofmeister nur eine Zelle des Sporangiums zur Mutterzelle von 4 weiblichen Sporen aus. Die männlichen Früchte werden Staubkapseln genannt. Beide Sporangien-Arten erscheinen an demselben Fruchtast.

In der grofsen weiblichen Spore von Selaginella mit dickem Exosporium (Sporenhaut) bildet sich nach Hofmeister der Vorkeim, noch ehe die äufsere dicke Sporenhaut platzt, als einfache Zellenschicht an der Stelle, wo sich die 4 in einer Mutterzelle entstandenen, und deshalb gleich den Farnsporen 3 abgeplattete und nur eine gewölbte Fläche besitzenden, Sporen berührten, also unter dem Scheitel der flachen dreiseitigen Pyramide. Jetzt werden die gröfseren Sporen aus der Kapsel entlassen; nach kürzerer oder längerer Ruhe entwickelt sich dann der Vorkeim weiter und auf demselben erscheinen mehrere Archegonien (Keimorgane) mit kurzem Halstheil (Taf. VII. Fig. 40 *y*). Jetzt füllt sich auch die grofse, bis dahin mit einer emulsionartigen Flüssigkeit versehene, innere Zelle der Spore, und zwar vom Vorkeime ausgehend nach abwärts, mit einem Zellgewebe (*e*). Die Archegonien öffnen sich, ihr Keimbläschen wird befruchtet, es entsteht in demselben eine Keimanlage, welche durch schlauchförmige Ausdehnung der obersten Zellen allmälig in das unter dem Vorkeime gebildete Gewebe hinabgeführt wird und sich von ihm ernährt, dort zur jungen Pflanze ausbildet (Taf. VII. Fig. 41), deren Stamm, mit zwei gegenständigen Blättern, später aus dem dreiklappigen Rifs der Sporenhaut hervorwächst, und nicht selten durch Theilung seines Vegetationskegels schon als Doppelstamm erscheint[1]).

Die kleinen männlichen Sporen der Selaginella helvetica hatten nach Hofmeister 5 Monate nach ihrer Aussaat eine grofse Zahl sehr

---

[1]) Hofmeister, Taf. XXVI. Fig. 11 u. 24.

kleiner sphärischer Zellen gebildet. Bei vorsichtigem Druck traten die kleinen Zellen aus der gesprengten Spore hervor, jede derselben enthielt einen spiralig aufgerollten sehr dünnen Schwärmfaden, der sich beim Freiwerden träge bewegte. Wenn die Bildung der Schwärmfäden und Archegonien nicht zu gleicher Zeit stattfand, so unterblieb auch die Entwickelung der Keimpflanze in den letzteren. — Das Eindringen der Schwärmfäden in die Archegonien wurde bis jetzt noch nicht beobachtet.

Bei Isoëtes füllt sich, nach Hofmeister, die grofse, weibliche Spore (Megaspore) einige Wochen nach dem Freiwerden derselben, wahrscheinlich zuerst durch freie Zellenbildung mit einem Zellengewebe, dem Vorkeim. Das kugelförmige Prothallium sprengt darauf die obere Hälfte der Sporenschale in 3 Lappen und unter der so entstandenen Oeffnung bilden sich auf der Spitze des Vorkeimes ein oder mehrere Archegonien mit sehr kurzem Hals, der sich an der Spitze öffnet. Aus dem befruchteten Keimbläschen entwickelt sich dann ganz allmälig die junge Pflanze, welche hier aber nicht, wie bei Selaginella, einen schlauchförmigen Aufhängefaden besitzt. Das Hervortreten des ersten Blattes (Wedels) und der ersten Wurzel erinnert an die Farnkräuter.

Die kleinen männlichen Sporen (Microsporen) bilden vier Wochen nach ihrem Freiwerden durch Theilung meistens 4 Tochterzellen, in deren jeder ein Spiralfaden entsteht. Die Wand dieser Spiralfadenzellen wird durch Jod blau gefärbt, wie ich dasselbe für die Mutterzellen der Schwärmfäden von Pellia (p. 245) beobachtet habe. Der Schwärmfaden besteht aus zwei dicken Windungen, welche ganz allmälig in ein langes feines Ende ausgehen; die dicken Windungen sind, wie bei den Farnkräutern, mit Wimpern besetzt. Die Bewegung des Fadens soll träger als bei den Farnkräutern sein. An der fadenförmigen Verlängerung bleibt bisweilen die Mutterzelle hängen und wird alsdann mit fortgeschleppt. Der Schwärmfaden geht mit dem dicken Ende voran; seine Bewegung dauert nicht über 3 Stunden.

Bei den ächten Lycopodiaceen (Lycopodium, Psilotum, Tmesipteris), welche nur eine Sporen-Art besitzen, hat man aller angestellten Bemühungen ohngeachtet, die vollständige Keimung noch nicht beobachten können. Nun ist es zwar de Bary in neuester Zeit gelungen, die

[1]) de Bary, über die Keimung der Lycopodien. Bericht der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg. 1858.

Spore von Lycopodium innudatum endlich zum Keimen zu bringen, allein der aus ihr entstandene Körper verging bald wieder. — Die Innenzelle der teraëdrischen Spore dehnt sich nach DE BARY und tritt als kugelige Blase aus der tief dreilappig aufgerissenen Aufsenhaut hervor. Dieselbe theilt sich darauf zu wiederholten Malen und bildet so einen 7 bis 11 zelligen Körper, dessen weitere Entwickelungsstufen bis jetzt nicht gefunden sind. Dieser Vorkeim des Lycopodium hat grofse Aehnlichkeit mit einem Keimorgan (Archegonium) welches auf einer gröfseren Basalzelle steht [1]).

Die Fortpflanzung der Rhizocarpeen.

§. 68. Bei den Rhizocarpeen erscheinen Organe zweierlei Art auf der ausgebildeten Pflanze in besonderen zelligen Säckchen (Früchten, Sporocarpien), entweder beisammen oder getrennt (Salvinia).

Das weibliche Organ, welches SCHLEIDEN die Samenknospe (Gemmula) nannte, das jetzt aber als grofse oder weibliche Spore (Megaspore) bezeichnet wird, liegt bei Salvinia in einer langgestielten, aus einer einfachen Zellenschicht bestehenden Hülle, welche der Antheridie der Lebermoose ähnlich ist. Es besitzt eine sehr derbe, aus mehreren verschieden gebauten Schichten gebildete Aufsenhaut, die eine grofse mit Stärkmehlkörnern, Oeltropfen und flüssigem Schleim erfüllte Zelle umschliefst, welche SCHLEIDEN den Embryosack nannte. Am Scheitel dieser grofsen Spore liegt eine kleine Erhebung mit dreilappiger Oeffnung (SCHLEIDEN's dreiklappige Knospenhülle). Bei Pilularia fehlt die gestielte zellige Hülle, die grofse Spore hat dafür über der dunkelgefärbten Aufsenhaut noch eine äufsere glasartige Umkleidung, welche HOFMEISTER für eine Aussonderung erklärt. Unter dem Canal entsteht nun nach METTENIUS, NÄGELI und HOFMEISTER, wie bei Selaginella, der Vorkeim und auf demselben bei Marsilea (Taf. VII. Fig. 42) nur ein Archegonium, bei Salvinia dagegen mehrere, deren Hals, indem seine

[1]) Zur Literatur der Lycopodiaceen und deren Fortpflanzung:
DE BARY, Die Keimung der Lycopodien. Bericht der naturf. Gesellschaft zu Freiburg. 1858.
CRAMER, C., Ueber Lycopod. Selago. NÄGELI und CRAMER, pflanzenphysiologische Untersuchungen Heft 3.
HOFMEISTER, Vergl. Untersuchungen der Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. p. 111—125. — Ders., Beitrag zur Kenntnifs der Gefäfskryptogamen. Abhandl. der sächs. Gesellschaft der Wissenschaft 1852. (über Isoëtes).
METTENIUS, Sporen von Isoëtes. Bot. Zeit. 1848. p. 688.
MÜLLER, C., Keimung von Isoëtes lacustris. Bot. Zeit. 1848. p. 297.

Zellen sich schlauchartig verlängern und aus der Oeffnung der grofsen Spore hervortreten, von Schleiden für eingedrungene Pollenschläuche angesprochen wurden, während derselbe den grüngefärbten Vorkeim für die junge über dem Embryosack entstandene Keimpflanze hielt. Im Archegonium bildet sich nunmehr die Keimpflanze in ähnlicher Weise, als bei den Farnkräutern (Taf. VII. Fig. 43) und bei Isoëtes; der Vorkeim füllt aber nicht, wie bei der letztgenannten Pflanze, die grofse Zelle aus, es bildet sich auch nicht in ihr, wie bei Selaginella, ein Endosperm ähnliches Gewebe; der Vorkeim scheint vielmehr einfach auf Kosten der in dieser grofsen Zelle enthaltenen Nahrungsstoffe seine Keimpflanze zu ernähren.

Das männliche Organ (die Antheridie, richtiger der Antheridienbehälter) ist bei Salvinia ganz so gebaut wie eine langgestielte Lebermoos-Antheridie, der es auch an Gröfse etwa entspricht, jedoch besteht der Stiel nur aus einer Zellenreihe, während die ähnlich gebaute Hülle der grofsen Spore von Salvinia 3 bis 4mal so grofs ist und deren Stiel zwei Zellenreihen besitzt. Statt der Spiralfadenzellen enthält dieses Organ aber kleine, im Herbst mit einander verklebte Zellen, aus denen im Frühjahr eine zarte Zelle als kurzer Schlauch hervortritt, der nach Milde die Wand des Antheridiumbehälters durchbricht und in dem mehrere kleine runde Zellen mit einem Spiralfaden entstehen, welcher, freigeworden, den Schwärmfäden der Farnkräuter durchaus ähnlich, aber kleiner ist, und wie diese in schraubenförmigen Windungen sich im Wasser umherbewegt. Bei Pilularia dagegen öffnen sich die freien Zellen des Antheridienbehälters, nach Hofmeister, ohne Bildung eines Schlauches, an einer bestimmten Stelle, um mehrere bewegliche Schwärmfäden (Taf. VII. Fig. 44) zu entlassen. Diese kleinen Sporen, welche Schleiden für Pollenkörner hielt und die man jetzt Microsporen nennt, sind demnach die eigentlichen Antheridien der Rhizocarpeen; sie entsprechen den kleinen Sporen der Lycopodiaceen, welche gleichfalls Schwärmfäden entwickeln. — Die grofse Spore der Rhizocarpeen keimt erst im Frühjahr und um dieselbe Zeit entwickelt auch die Antheridie ihre Schwärmfäden, welche, sammt den Sporen auf dem Wasser schwimmend, letztere befruchten[1]).

[1]) In meiner Schrift über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen (1848) habe ich noch die Schleiden'sche Ansicht vertreten, dieselbe ist aber jetzt durch die Untersuchungen von Nägeli, Mettenius, Hofmeister und Milde vollständig widerlegt.

Obschon bei Salvinia mehrere Keimorgane auf dem Vorkeim auftreten, scheint doch, wie bei Pilularia, mit einem Archegonium auch hier immer nur eine Keimpflanze ausgebildet zu werden.

XV. Die Blüthe der phanerogamen Gewächse.

Die Blüthe im Allgemeinen.

§. 69. Die Blüthe ist derjenige Theil einer phanerogamen Pflanze, welchem die Bildung des Samens obliegt; sie ist das Geschlechtsorgan der Gewächse, weil zur Erzeugung des Samens, wie zur geschlechtlichen Zeugung der Thiere, eine Befruchtung nothwendig ist. Die Vermehrung der phanerogamen Pflanzen geschieht aber nicht durch Samenbildung allein, sie wird vielfach auch durch Knospen und Ableger erzielt. — Wesentlich sind in der Blüthe nur diejenigen Organe, welche zur Bildung des Samens nothwendig sind, nämlich 1. das Staubblatt oder das Staubgefäfs, auch Staubfaden genannt, in welchem sich der befruchtende Blüthenstaub ausbildet, und 2. die Samenknospe, in welcher sich, nach geschehener Befruchtung, der Keim entwickelt und die deshalb später zum Samen wird. Alle übrigen Theile, die zur phanerogamen Blüthe gerechnet werden, als Kelchblätter, Blumenblätter und Fruchtknoten, können nach der Pflanzenart sowohl einzeln als auch ins Gesammt fehlen.

Das Staubblatt, die Anthere, welche den Pollen bildet, ist der männliche Apparat, der Fruchtknoten dagegen, welcher die Samenknospen umschliefst, ist der weibliche Geschlechtsapparat der phanerogamen Pflanze, er fehlt nur wenigen Gewächsen, welche nackte Samenknospen besitzen. Wenn Staubblätter und Samenknospen in einer Blüthe vereinigt sind, so nennt man dieselbe Zwitterblüthe

[1]) Zur Literatur der Rhizocarpeen:
Hofmeister, Vergl. Unters. über Keimung u. s. w. der höheren Kryptogamen. p. 103—111.
Mettenius, Ueber Azolla. Linnaea 1847. — Ders., Beiträge zur Kenntnifs der Rhizocarpeen. Frankfurt a. M. 1846. — Ders., Ueber Salvinia, Pilularia und Marsilea. Mettenius Beiträge 1850.
Milde, Entwickelungsgeschichte der Equisetaceen und Rhizocarpeen. Acta A. L. C. XXIII. p. II.
Nägeli, Fortpflanzung der Rhizocarpeen. Nägeli's und Schleiden's Zeitschrift Heft 1. p. 168—188. — Ders., Heft 3—4. p. 293—308.

(flos hermaphroditus); wenn dagegen die eine Blüthe Staubblätter, aber keine Samenknospen enthält, während die andere wohl Samenknospen, aber keine Staubblätter besitzt, so wird die erste als männliche (flos masculinus), die andere aber als weibliche Blüthe (flos femininus) bezeichnet. Beiderlei Blüthen können neben einander auf demselben Pflanzenexemplar vorkommen (LINNÉ's einundzwanzigste Klasse), sie können aber auch getrennt auf verschiedenen Exemplaren auftreten, so dafs der eine Stamm nur männliche, der andere dagegen nur weibliche Blüthen trägt (LINNÉ's zweiundzwanzigste Klasse). Aufserdem bilden einige Pflanzen noch Zwitterblüthen und eingeschlechtige Blüthen auf demselben Stamme (LINNÉ's dreiundzwanzigste Klasse).

Die Blüthe der Phanerogamen ist eine Stammknospe, deren Theile oftmals sowohl ihre Stellung als auch ihre Gestalt und Function geändert haben, und die nicht mehr dem vegetativen Leben der Pflanze, sondern der Erzeugung des Samens dient; wesentlich sind deshalb nur diejenigen Theile der Blüthe, welche zur Bildung des letzteren thätig sind. — Die Theile des Kelches und der Blumenkrone, sowie die Staubblätter sind immer Blattorgane, das Pistill dagegen, oder der Fruchtknoten mit Staubweg und Narbe, als letzte Bildung der Blüthenachse, kann sowohl aus Blättern als auch aus dem Stamm selbst hervorgehen; häufiger noch, oder vielleicht immer (?), betheiligen sich beide an seiner Bildung. Aus dem Fruchtknoten bildet sich später die Frucht. Die Samenknospen entsprechen den Stammknospen, sie bilden nach erfolgter Befruchtung den Samen, welcher den Keim umschliefst.

Bei denjenigen Pflanzen, deren Blüthe keinen Fruchtknoten, d. h. keine ringsumgeschlossene Hülle zum Schutz der Samenknospen besitzt, kann man auch von keiner Frucht mehr reden; hier hat man es in der Blüthe mit nackten Samenknospen und deshalb später mit nackten Samen zu thun (bei den Nadelhölzern, den Cycadeen und bei Balanophora).

Wenn mehrere oder viele Blüthen auf einem gemeinsamen Blüthenstiel sitzen, so spricht man von einem Blüthenstand (Inflorescentia), die Weise der Verzweigung bedingt hier die Art des Blüthenstandes genau so, wie die Art der Zweigbildung zunächst die Tracht der Pflanze bestimmt.

Die Blüthe der Phanerogamen ist von Alters her als ein sehr wesentlicher, und in der Form und Zahl seiner Elemente sehr constanter, Theil der Gewächse zur systematischen Eintheilung der Pflanzen benutzt worden. Während nun

Linné die Zahl der männlichen und weiblichen Organe als Haupteintheilungsprincip seiner Klassen und Ordnungen wählte, gründen de Candolle, Jussieu und die neueren Botaniker, ihre Gruppen und Familien mehr auf das Princip der vergleichenden Anatomie der Blüthentheile überhaupt, welche Eintheilung denn auch naturgemäfser ausfallen mufs und die Verwandschaft der Pflanzen zu einander besser als die Linné'sche Eintheilung, welche oftmals verwandte Pflanzen von einander trennt, bezeichnet, wogegen die letztere, zur raschen Bestimmung einer gegebenen Pflanze, für Anfänger immer noch brauchbar ist. Die vergleichende Anatomie der Blüthen kann aber, da das Fertige nur selten Einsicht über die Art seines Zustandekommens giebt, ohne Entwickelungsgeschichte kaum bestehen, und so hat denn auch die letztere mit der allgemeinen Annahme des natürlichen Systemes einen gröfseren Aufschwung gewonnen und der sogenannten, von Göthe zuerst schärfer bezeichneten, Metamorphosenlehre den eigentlichen Grund gegeben. Durch W. C. F. Wolff angebahnt, ist die Entwickelungs-Geschichte überhaupt, namentlich durch Schleiden und nach ihm durch zahlreiche Forscher, mehr und mehr zur Geltung gekommen. Bei diesen Untersuchungen hat sich nun ergeben, dafs man zwar in den meisten Fällen auch für die Theile der Blüthe Stamm und Blatt zu unterscheiden vermag, dafs aber auch Fälle vorkommen, wo diese Unterscheidung zum wenigsten zweifelhaft wird und von der subjectiven Anschauungsweise des Beobachters abhängig ist. Während nun von der einen Seite die Entwickelungs-Geschichte der Blüthe fleifsige Jünger fand, wurden von der anderen Seite die morphologischen Verhältnisse der fertigen Blüthe nach Zahl und Stellung zu einander vielfach untersucht, wobei auch die Mifsbildungen der Blüthe Berücksichtigung fanden. Nach dieser Richtung haben besonders Röper, Wydler, v. Schlechtendal und A. Braun unsere Kenntnifs bereichert.

Ich habe bei meinen zahlreichen Untersuchungen über den Bau der Blüthe beide Methoden befolgt, da sowohl die Eine als auch die Andere für sich allein nicht immer ausreicht, weil man einerseits für eine erfolgreiche Benutzung der Entwickelungs-Geschichte auch den Zustand der fertigen Blüthe kennen mufs, andererseits aber aus der fertigen Blume die Veränderungen während der Ausbildung der Theile nicht immer a priori erschliefsen kann. Ein schematischer Grundrifs der fertigen Blüthe, wie ihn die meisten neueren botanischen Schriften liefern, ist zwar zur Orientirung über die Zahlen und-Stellungsverhältnisse der fertigen Blüthe ausreichend; lehrreicher aber erscheinen die Grundrisse, welche mit der Camera lucida nach Querschnitten durch die Knospe in verschiedenen Entwickelungsstadien erhalten werden. Diese geben nämlich mit den zu ihnen gehörigen Längsschnitten, und einer Betrachtung der freigelegten einzelnen Theile, ein getreues Bild der Veränderungen, welche die Blüthen-Elemente von ihrer Anlage bis zur Vollendung der Blumen durchlaufen mufsten, weshalb auch diese Methode den sichersten Aufschlufs über die Entwickelungs-Geschichte und den Bau der Blüthe gewährt. — Ich werde für diesen Abschnitt zunächst meinen eigenen Untersuchungen folgen [1]).

---

[1]) Zur Literatur über die Entwickelungs-Geschichte der Blüthe im Allgemeinen:

Barnéoud, Entwickelungs-Geschichte der Plantagineen und Plumbagineen. (Comptes rendus 1844).

Buchenau, Beiträge zur Entwickelungs-Geschichte der Pistille. Marburg 1851. — Ders., zur Morphologie der Reseda. Bot. Zeitung 1853. — Ders., Blüthen-Entwickelung einiger Dipsaceen, Valerianeen und Compositeen. Abhandl. der Senkenbergischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 1854. — Ders., Blüthen-Entwickelung von Alisma und Butomus. Flora 1857.

Duchartre, über die Entwickelung der Malvaceen und der Primulaceen. Comptes rendus 1844. — Ders., sur l'organogénie florale et sur l'embryogénie des Nyctaginées. Annal. d. sciences 1848.

Jede Blüthe entsteht, gleich einem Zweig, aus einer Stammknospe. In der ersten Anlage ist auch die Blüthenknospe von der Zweigknospe nicht verschieden; beide bestehen aus einem freien Vegetationskegel, d. h. aus einer kegelförmigen Erhebung, von sehr zarten jugendlichen Zellen gebildet, der von keiner Wurzelhaube bedeckt wird. — Indem sich nun dieser Vegetationskegel verlängert, schieben sich nach und nach unter ihm kleine, aus jungen Zellen bestehende, Wärzchen hervor, welche bei der Zweig- oder Laubknospe zu grünen Blättern werden, bei der Blüthenknospe aber sich zu den verschiedenen Blattorganen der Blüthe ausbilden, die häufig in Kreisen oder Wirteln angeordnet sind, und der Reihenfolge nach als Kelchblätter, Blumenblätter, Staubblätter und Fruchtblätter auftreten und sowohl anatomisch als auch functionell von einander verschieden sind.

Bei den Nadelhölzern, welche die einfachsten Blüthen besitzen, läfst sich der directe Uebergang von der Zweigknospe zur Blüthen-

---

Gélésnoff, über Tradescantia virginica. Bulletin de la société imp. de Moscau. Tom. XVI. (1843).
Grönland, zur Kenntnifs der Zostera marina. Bot. Zeitung 1851.
Hofmeister, Entwickelungsgeschichte der Zostera. Bot. Zeitung 1852.
Jochmann, de umbelliferarum structura et evolutione nonnulla. Breslau 1855.
Payer, Rapport sur les mémoires de M. Payer relative a l'organogénie de la fleur dans diverses familles des plantes. Compt. rendus. 1853. — Ders., Traité d'organogénie vegetale comparée. Paris.
Pringsheim, Entwickelungsgeschichte des Stengels u. s. w. bei Mercurialis annua. Bot. Zeit. 1851.
Schacht, Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Hippuris (Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryo p. 164.) — Ders., zur Kenntnifs der Ophrys Arachnites. Bot. Zeit. 1852. — Ders., Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Manglesia cuneata. Bot. Zeit. 1853. — Ders., Entwickelungsgesch. der Cupuliferen- und Betubineenblüthe. S. Beiträge zur Physiologie p. 33—50. — Ders., Entwickelungsgesch. der Monotropa Hypopitys. Beiträge p. 54 bis 64. — Ders., Entwickelungsgesch. der Blüthe von Stylidium adnatum. Beiträge p. 65—66. — Ders., zur Entwickelungsgesch. des Fruchtknotens und der Samenträger. Beiträge p. 70—102. — Ders., Entwickelnugsgesch. der Blatt- und Blüthenknospen der Nadelhölzer. Beiträge p. 182—219. — Ders., Entwickelungsgesch. der Blüthe von Asclepias und Agropyrum. S. Mikroscop. Auflage II. p. 167—175.
Schenk, die Entstehung der Blüthe von Capparis. Verhandl. der medicinisch-physical. Gesellschaft zu Würzburg 1851.
Schleiden, über die Entwickelungsgeschichte des vegetabilischen Organismus bei den Phanerogamen. Beiträge zur Botanik, p. 86—120. — Ders., Grundzüge der Botanik in Bd. II. p. 216—420. — Ders. mit Vogel, Entwickelungsgesch. der Blüthentheile der Leguminosen. Acta aus L. C. Tom. XIX (1838).
Wigand, zur Morphologie der Grasblüthe aus der Entwickelungsgeschichte. W. Bot. Untersuchungen p. 83—130. (1853). — Ders., Kritik und Geschichte der Metamorphose der Pflanze. Leipzig 1846.

knospe und umgekehrt am besten nachweisen. Bei der Kiefer kann z. B. die junge Knospe, welche eine Doppelnadel entwickeln sollte, unter Umständen zum Zapfen werden; so dafs statt eines oder dreier jungen Zapfen, deren am Ende des Triebes viele, bis 100 und darüber, entstehen und später eben so viele ausgebildete Zapfen den Zweig umgeben [1]). Dagegen wird umgekehrt bei der Tanne nicht selten die eigentliche, auf der Mitte des weiblichen Zweiges erscheinende Zapfenknospe zum Zweige ausgebildet, was auch durchaus nicht befremden kann, weil in der ersten Anlage beide einander gleich sind (Fig. 89 u. 90, p. 13), und erst bei weiterer Ausbildung die anatomischen Unterschiede hervortreten [2]). Man hat nach Goethe, welcher zuerst dies Verhältnifs erkannte, die Entwickelungsgeschichte der Blüthe als Metamorphosenlehre bezeichnet.

Für den Stamm unterscheidet man (p. 9) dreierlei Arten der Zweigknospen 1) Endknospen, 2) Achselknospen und 3) Nebenknospen, und für die Blüthen kann man dieselbe Eintheilung festhalten. Es giebt nämlich 1) Endblüthen, welche aus der Spitze eines Zweiges hervorgehen, 2) Achselständige Blüthen, welche in der Achsel eines Blattes stehen und 3) Blüthen, welche zwar wie die vorigen an der Seite eines Zweiges stehen, aber dennoch kein Stützblatt besitzen. Dieselben brechen freilich, mit seltenen Ausnahmen, nicht, wie die Nebenknospen, welche einen Zweig entwickeln, aus der Rinde hervor, sie entstehen vielmehr an der Oberfläche einer Achse, weil ihre Anlage in die jüngste Periode der letzteren fällt, also zu einer Zeit, wo die äufsere Rinde der Achse noch aus Urparenchym besteht [3]).

Bei Calothamnus brechen die Blüthenknospen aus der Rinde hervor und sollte man danach glauben, dafs sie gleich den Nebenknospen am Cambiumring des Zweiges entstanden wären, allein die Entwickelungsgeschichte lehrt, dafs sie wie Achselknospen in der Achsel eines Blattes entstehen, bald darauf aber vom Gewebe der Rinde umhüllt werden und unter dem Schutz derselben sich weiter zur Blüthe aus-

---

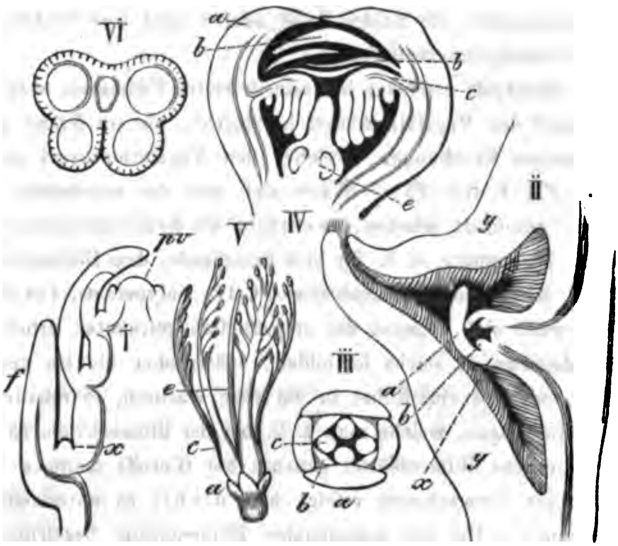
[1]) Diese freilich selten vorkommende Vermehrung der Samenstände auf Kosten der Zweigbildung ist den Forstmännern als Kiefernkrone bekannt.

[2]) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie: Entwickelungsgeschichte der Blatt- u. Blüthenknospe einiger Nadelhölzer p. 182—220.

[3]) Blüthenstände, aus Nebenknospen unter der Rinde entstanden, finden sich bei Monotropa, Balanophora, Langsdorffia und Rhopalocnemis; die Bildung der Einzelblüthe aus einer solchen Nebenknospe ist mir dagegen nur für Hydnora africana bekannt. Für die Blüthen ohne Deckblatt ist es wohl überhaupt noch zweifelhaft, ob hier das letztere auch in der Anlage immer gänzlich gefehlt hat.

bilden, um später aus ihr hervorzubrechen, was an die befruchteten Pistille der Blasia erinnert (p. 240). Die über die Blüthenknospe emporwachsende Rinde läfst, wenn der Schnitt richtig getroffen ist, immer einen nach Aufsen offenen, von Haaren ausgekleideten, Canal erkennen (Fig. 187). Es liegen 3 Blüthen nebeneinander

Fig. 187.



Wie die Zweigknospe durch ihren Vegetationskegel fortwächst und unter demselben Blätter bildet, so entstehen auch unter dem Vegetationskegel der Blüthenknospe nach einander junge Blätter, welche

Fig. 187. Calothamnus purpurea. I Theil eines Längsschnittes durch die Spitze eines Zweiges, *pv* der Vegetationskegel, *f* ein Blatt, *x* die Anlage zu einer Blüthenknospe in der Achsel desselben. II Partie aus dem Längsschnitt eines älteren Zweiges, *x* die Blüthenknospe, welche bei I in der Achsel des Blattes gelegen, über welche sich aber die Rinde des Zweiges (*yy*), einen mit Haaren ausgekleideten offenen Canal bildend, gehoben hat, *a* der Kelch, *b* die Blumenkrone der Blüthenknospe. III Querschnitt durch die junge Blüthenknospe, *a* eines der 4 Kelchblätter, *b* eines der 4 Blumenblätter, *c* eines der 4, später einem gefiederten Blatte entsprechenden, Staubblätter. IV Längsschnitt durch eine etwas weiter ausgebildete Blüthe, *e* der oberständige Fruchtknoten. V Die offene Blüthe in natürlicher Gröfse (die klein bleibenden Blumenblätter sind nicht sichtbar). VI Ein Querdurchschnitt der Anthere, welche dem Einzelblatt des zusammengesetzten Blattes entspricht. (V in natürl. Gröfse, die übrigen Figuren vergröfsert.)

in den meisten Fällen als Kreise um den Vegetationskegel angeordnet sind. Die Zahl dieser nach einander erscheinenden Blattkreise, desgleichen die Zahl der Blattelemente eines jeden Kreises, ist nach den Pflanzen verschieden. Der unterste Blattkreis ist immer der älteste, der oberste ist dagegen immer der jüngste. Bei den Monocotyledonen ist in diesen Blattkreisen die Dreizahl vorherrschend[1]), bei den Dicotyledonen wird sie dagegen nur verhältnifsmäfsig selten gefunden (bei den Laurineen), die Zahlen 2, 4 oder 5 sind hier in den Blattkreisen am häufigsten vertreten.

Jeder Blattkreis erscheint bei seinem ersten Entstehen, wenn man von oben auf den Vegetationskegel herabsieht, als ein Kranz kleiner warzenförmiger Erhebungen, welcher den Vegetationskegel umgiebt (Taf. VIII. Fig. 1, 5 u. 10). Wenn sich nun die angelegten Theile auch ferner gesondert erheben, so erhalten wir Kreise getrennter Blattorgane, z. B. getrennte, d. h. für sich bestehende, dem Blüthenboden[2]) eingefügte, Kelch- oder Blumenblätter (Calyx polypetalus, Corolla polypetala); wenn sich dagegen die ursprünglich getrennten Erhebungen nur eine Zeitlang als solche fortbilden, später aber als ein geschlossener Ring oder als eine Röhre in die Höhe wachsen, so erhalten wir diejenigen Bildungen, welche man z. B. bei der Blumenkrone fälschlich verwachsene Blumenblätter genannt hat (Corolla mono-s. gamopetala). Eine Verwachsung erfolgt hier nicht, es unterbleibt nun eine Trennung. Bei der gamopetalen Blumenkrone bezeichnen die Lappen des Randes in der Regel die Zahl der beim ersten Auftreten getrennt, später aber ungetrennt als eine Röhre hervorwachsenden Blumenblätter (bei den Convolvulaceen, Campanulaceen, Borragineen u. s. w.). Oft ist die durch nicht erfolgte Trennung der Blumenblätter entstandene Röhre der gamopetalen Blumenkrone lang (bei Datura, Nicotiana, Symphytum), nicht selten ist sie aber auch sehr kurz, so dafs die Blumenkrone bei oberflächlicher Betrachtung polypetal erscheint (bei Visnea Mocanera). — Vielfach erheben sich auch mehrere auf einander folgende Blattkreise, obschon sowohl die einzelnen Theile eines jeden Kreises, als auch die Kreise unter sich, anfangs getrennt und letztere nach einander erschienen sind, später mit einander als gemeinsame Röhre. Man spricht alsdann z. B. von einer mit dem

---

1) Paris quadrifolia hat 5 viergliedrige Blattkreise.

2) Der Blüthenboden ist der Achsentheil der Blüthe, auf dem die Seitenorgane als Kelch, Blumenblätter u. s. w. stehen.

Kelch verwachsene Blumenkrone, oder von Staubblättern, welche mit der Blumenkrone verwachsen sind; so bei den Personaten und den Borragineen (Fig. 188). Aber auch hier darf man streng genommen von keiner Verwachsung reden, da selbige das ursprüngliche Getrenntsein später mit einander verbundener Theile voraussetzt, in den genannten Fällen aber, so weit diese Theile überhaupt verbunden sind, auch niemals eine Trennung vorhanden war. Wirkliche Verwachsungen kommen in der Blüthe nur verhältnifsmäfsig selten vor (für die Narben der Asclepiadeen, für die Fruchtknoten der Anona).

Wenn man in der Blüthe überhaupt den Gegensatz von Stamm und Blatt streng festhalten will, so kann man die Röhre, welche 2 oder mehrere oben freie Blattkreise trägt, als ein hohles Stammorgan betrachten, so vielen Stengelgliedern (Internodien) entsprechend, als Blattkreise vorhanden sind (bei Arachis hypogaea, Oenothera Fig. 189),

Fig. 188.

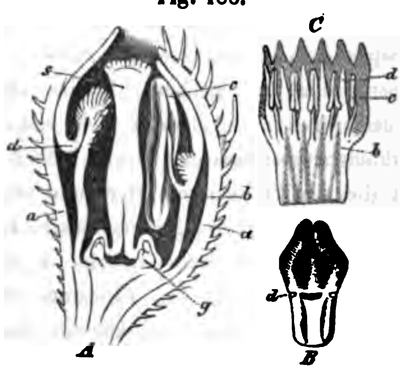


Fig. 189.

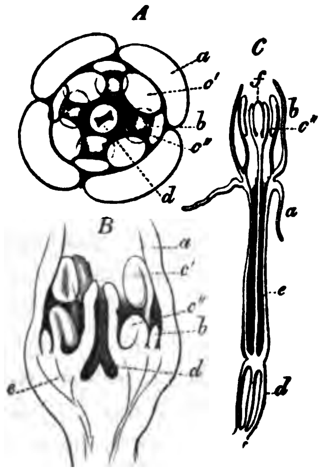


Fig. 188. *A* Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenknospe von Symphytum asperrimum, *a* Kelchblatt, *b* Blumenkrone, *c* Staubblatt, *d* die der Länge nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes, *s* die Narbe, *g* die Samenknospe, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche herabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen. (16 mal vergröfsert.) *B* Eine Blumenkrone von der Seite gesehen, *d* die Taschen. *C* Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet, *b* der röhrenförmige Theil derselben, *c* die Staubblätter, *d* die Taschen. (5 mal vergröfsert.)

Fig. 189. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata, *a* Kelchblätter, *b* Blumenblätter, *c'* und *c''* Antheren des ersten und

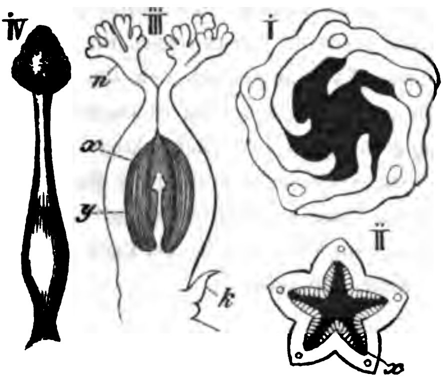
desgleichen Lythrum und Cuphea. Bei Arachis ist diese Röhre wohl am längsten; die sitzende Blüthe erscheint durch sie lang gestielt, der später in die Erde hinabwachsende Stiel der Frucht bildet sich erst nach der Befruchtung. Den röhrenförmigen Theil der gamopetalen Blumenkrone halte ich dagegen, selbst wenn der Basaltheil eines andern Blattkreises (der Staubblätter) mit ihm vereint ist, für ein Blattgebilde, einem oder mehreren Blattkreisen entsprechend (bei den Borragineen, Verbenaceen, Cuscuta) und dasselbe gilt für den röhrenförmig ausgebildeten Basaltheil des Antherenkreises bei Ruscus, Gomphrena und Alternanthera. Der Fruchtknoten endlich kann 1. aus Blättern, welche entweder einzeln mit ihren Rändern verwachsen, entstehen; dann erhalten wir einen (bei Manglesia, Hakea, Bugenvillea und nach Schleiden bei den Papilionaceen) oder mehrere (bei den Rosaceen, Ranunculeen und bei Anona) getrennte Blattfruchtknoten. Er kann aber auch 2. als Röhre hervorgeschoben werden, wo alsdann die Deutung oftmals zweifelhaft bleibt (bei Cleome Taf. VIII. Fig. 5 u. 6). Er kann endlich 3. als ächter unterständiger Fruchtknoten aus einem hohlgewordenen Stengel hervorgehen; am ausgezeichnetsten bei Opuntia, wo der Fruchtknoten einen im Innern hohl gewordenen und Samenknospen enthaltenden Zweig darstellt. — Der Vegetationskegel der Blüthenknospe ist, nachdem bereits alle Blüthentheile angelegt sind, in denjenigen Fällen, wo er nicht selbst mit zur Bildung der vom Fruchtknoten umschlossenen Theile, z. B. als freier mittelständiger Samenträger (bei den Primulaceen, Myrsineen und Santalaceen), verwendet wird; noch mehr oder weniger erkennbar. In der männlichen Blüthe von Viscum und Arceuthobium erscheint er als flacher Kegel[1]), und in der männlichen Blüthe von Pandanus erhebt er sich als centrale Säule. Im Innern des Fruchtknotens von Carica cauliflora tritt er gleichfalls als säulenförmiges Organ hervor, welches sich auch später in der reifen Frucht wiederfindet (Fig. 190) In sehr vielen Fällen erscheint er dagegen mit den tief in das Innere vordringenden wandständigen Samenträgern verbunden (bei den Lilia-

des zweiten Staubfadenkreises, *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwickelungszustandes, *d* die Fruchtknotenhöhle, *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (Vergröfserung 40 mal.) *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Gröfse), *f* die Narben, die übrigen Buchstaben wie oben.

[1]) Man vergleiche die Abbildung dieser Blüthen, welche später im Texte vorkommen wird.

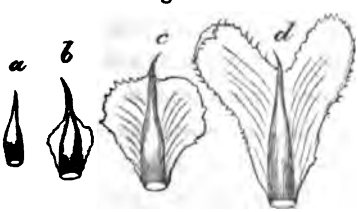
ceen, Irideen, Ericaceen, Onagrarieen, Bombaceen, Cupuliferen u. s. w.). Als Mittelsäulchen wird dasselbe für die Bildung und Deutung der Samenträger und Fruchtfächer im Fruchtknoten sehr wichtig.

Fig. 190.



Die Abstufung vom Laubblatt zu einem der Blüthe angehörigen Blatte erfolgt in der Regel ganz allmälig. Bei zahlreichen Blattkreisen ist der unterste Blattkreis, den man, wenn er grün gefärbt ist, Kelch (calyx) zu nennen pflegt, noch den Laubblättern mehr oder weniger ähnlich. Der ihm folgende Kreis der Blumenkrone (corolla) weicht schon in Form, Farbe und Bau ungleich weiter ab, und der Kreis der Staubblätter endlich ist in seiner Ausbildungsweise vom Laubblatt noch weit mehr verschieden. Wenn die Blüthe nur von einem Kreise blattartig verbliebener Hüllblätter umgeben wird, oder wenn mehrere Kreise solcher Organe auftreten, sich aber in Gestalt, Structur und Farbe nicht wesentlich unterscheiden, so werden dieselben als Blüthenhülle (Perianthium, auch Perigonium) bezeichnet. — Wohl nirgends sieht man den allmäligen Uebergang der grünen Laubblätter in die

Fig. 191.



zur Blüthe gehörigen gefärbten Blumenblätter, sowohl gestaltlich als auch physiologisch, besser als bei der Blüthe von Opuntia Ficus indica (Fig. 191), wo man eine vollständige Uebergangsreihe erhält. Das kleine, pfriemenförmige,

Fig. 190. Carica cauliflora. I Querschnitt durch die Blumenkrone kurz vor dem Aufblühen der Knospe (Aestivatio contorta). II Querschnitt durch den Fruchtknoten; bei *x*, welche Region der Mitte des Fruchtblattes entspricht, fehlen die Samenknospen. III Längsschnitt durch den Fruchtknoten, *y* das freie Mittelsäulchen, *n* die Narbe, *k* ein Kelchblatt. IV Das Mittelsäulchen bei 4maliger Vergröſserung. (I 10mal vergröſsert.)

Fig. 191. Opuntia Ficus indica. Der allmälige Uebergang der kleinen, grünen, fleischigen Laubblättes (*a*) des unterständigen Fruchtknotens in die viel gröſseren

fleischige, grün gefärbte Laubblatt (*a*) wird nämlich in der Blüthe zuerst nach beiden Seiten geflügelt, wobei dasselbe an Gröfse nur wenig zunimmt (*b*), dann aber sowohl der gelb gefärbte Flügel als auch die Gröfse des Blattes im Allgemeinen sich stetig vermehren (*c* und *d*), während der mittlere grün gefärbte Theil nicht zunimmt und zuletzt fast ganz verschwindet, bis ganz allmälig durch die verschiedenen Blattspiralen zuletzt die grofsen, von schmaler Basis ausgehend, sich allmälig ausbreitenden, am Rande zierlich gefranzten, innersten Blumenblätter erscheinen. Eine Unterscheidung in Kelch und Blumenkrone ist hier nicht möglich, ebensowenig eine Annahme mehrgliedriger Blattkreise, weil hier auch für die Blüthe die spiralige Blattstellung fortdauert. — Der Uebergang vom Blumenblatt zum Staubblatt ist bei Canna normal und in monströsen Blüthen vielfach vertreten.

Die äufseren Blattkreise der Blüthe.

§. 70. Das Blatt, in dessen Achsel eine Blüthe entsteht, wird Deckblatt (bractea) genannt, es weicht an Gröfse und Gestalt, seltener auch in der Färbung, häufig von den anderen Laubblättern, die keine Blüthen schützen, ab. Wenn nun die Blüthenknospe in der Achsel eines Deckblattes selbst noch einige Blätter erzeugt, welche man nicht wohl zur eigentlichen Blüthe zählen darf, wie dies bei den Irideen der Fall ist, so werden selbige als Vorblätter der Blüthe bezeichnet[1]).

Den ersten untersten Blattkreis der Blüthe pflegt man, wenn er grün gefärbt ist, Kelch (Calyx) zu nennen; wenn er dagegen farbig auftritt und ein zweiter gefärbter Blattkreis entweder fehlt oder sich von ihm nicht wesentlich unterscheidet, so wird er Blüthendecke (Perigonium, auch Perianthium) genannt; wenn endlich sowohl der erste als der zweite Blattkreis farbig sind, so spricht man von einer doppelten Blüthendecke. Aber auch der Kelch kann, wenn zwei grün gefärbte Blattkreise auf einander folgen, als doppelter Kelch auftreten.

Der Kelch (Calyx) kann sowohl aus einzelnen, bis zum Grunde getrennten, Blättern bestehen (Calyx polysepalus), er kann aber auch,

gelbgefärbten Blumenblätter (*d*), deren letzte vollkommen ausgebildete Form fast doppelt so grofs als *d* erscheint.

[1]) Vom Deckblatt wird bei den Blüthenständen weiter die Rede sein.

und zwar viel häufiger, eine kürzere oder eine längere Röhre bilden, deren Saum so viele Abschnitte zeigt, als Blätter zu seiner Bildung verwendet wurden (Calyx gamosepalus). Die einzelnen Blätter des Kelches werden Sepala genannt, ihre Gröfse und Gestalt ist sehr verschieden. Bei Coffea sind sie nur als kleine Spitzen auf dem Rande des unterständigen Fruchtknotens angedeutet. In diesen Fällen und ebenso bei Anona, Carica, Vitis u. s. w. deckt der Kelch in der Knospe die inneren Blüthentheile nicht, in der Regel aber umhüllt er dieselben. Auch sind nicht immer alle Kelchblätter desselben Kreises von gleicher Gestalt und Gröfse (bei den Scrophularineen). Bei Impatiens und Balsamina werden sogar zwei sich gegenüber liegende Kelchblätter farbig und blumenblattartig, sie bilden das gespornte helmförmige (*e*) und das ihm gegenüber liegende Blatt (*d*), während zwei andere Kelchblätter, welche sehr klein und grün bleiben, die beiden seitlichen Kelchblätter (*b* und *c*) darstellen (Fig. 192). Bei vielen Myrtaceen und bei Bombax bedeckt der Kelch, welcher aus, nur an der äufsersten

Fig. 192.

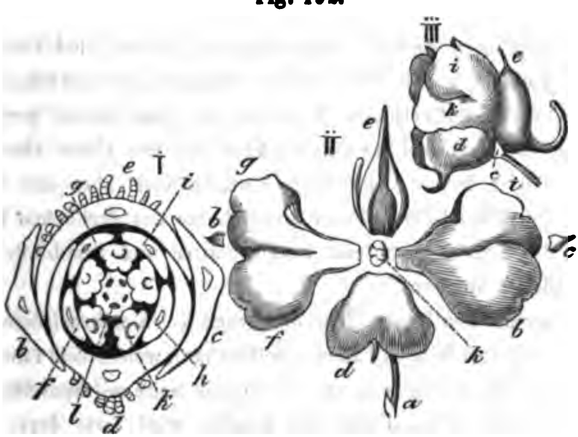


Fig. 192. Balsamina hortensis. I Querschnitt durch die junge Blüthenknospe. (40mal vergröfsert.) II Die offene Blüthe in ihre Theile zerlegt. III Die offene Blüthe von der Seite gesehen; *a* die Bractee, *b*, *c*, *d* u. *e* gehören dem ersten viergliedrigen Blattkreis der Blüthe, *b* u. *c* bleiben klein und grün, *d* bildet das untere gefärbte Blatt mit der dornartigen Verlängerung, *e* dagegen das obere gefärbte Blatt mit dem Sporn, *f*, *g*, *h* u. *i* sind die 4 Blätter des zweiten Kreises, deren fünftes fehlt, *f* u. *g* sowie *h* u. *i* bleiben im unteren Theile verbunden, *k* stellt eine der 5 Antheren dar und *l* eine Höhlung des sich bildenden fünffächerigen Fruchtknotens.

Spitze getrennten, Blattorganen besteht, als vollkommen geschlossene Hülle die unter ihm liegenden Blüthentheile und wird beim Aufbrechen der Blüthe entweder an seiner Spitze zersprengt und in unregelmäfsige Fetzen zerrissen (bei Psidium pomiferum und Bombax Ceyba) oder an seiner Basis als Deckelchen abgehoben (bei Eucalyptus). Bei einigen Pflanzen wächst der Kelch noch nach der Blüthe weiter und bildet so die weite aufgeblasene Hülle, welche die Frucht von Physalis und Cucubalus umgiebt, oder er legt sich dicht an den sich zur Frucht ausbildenden Fruchtknoten, bei Clethra arborea und bei Visnea Mocanera, wo seine einzelnen, zusammengeneigten Blätter fleischig werden und die saftige, blauschwarze Scheinbeere der Visnea bilden. Auch bei einigen Lorbeerarten wird der Kelch nach der Blüthezeit fleischig und erzeugt hier, wenn seine Zipfel vertrocknen und abfallen, eine sich über den Fruchtknoten erhebende, der Cupula unserer Eiche ähnliche, napfförmige, aber glatte Scheincupula (bei Oreodaphne foetens). In der Regel wächst dagegen der Kelch nach der Blüthezeit nicht weiter, ja er wird in vielen Fällen abgeworfen (bei Thunbergia, Tilia, Prunus).

Viele Malvaceen besitzen einen doppelten Kelch; bei Gossypium religiosum kommen gar 3 auf einander folgende grün gefärbte Kelchkreise vor, deren äufserer aus 3 grofsen bis zum Grunde getrennten Blättern besteht, während der mittlere Kreis drei nur kleine aber ebenfalls freie Blätter besitzt, der dritte innerste Kreis aber eine becherförmige kurze Röhre bildet. Unter dem Schutze des dreifachen Kelches reift hier die Frucht, während Blumenblätter und Staubfäden bald nach der Blüthe abfallen.

Im anatomischen Bau gleicht der grüne Kelch nahebei dem Laubblatte; er besitzt fast in allen Fällen eine Oberhaut, welche dem Laubblatte entspricht und die wenigstens an der unteren Seite mit Spaltöffnungen versehen ist. Die grüne Farbe des Kelches wird, wie dort, durch Bildung von Blattgrün erzeugt. Gefäfsbündel durchziehen, den Blattnerven ähnlich, die Blätter des Kelches, welche in ihrer Gestalt und in der Weise ihrer Behaarung eine nicht minder grofse Mannigfaltigkeit als die Laubblätter selbst entfalten.

Der dem Kelche folgende, nicht grün, sondern farblos oder farbig erscheinende, Blattkreis wird **Blumenkrone** (Corolla) genannt, die einzelnen Blätter desselben heifsen **Blumenblätter** (Petala). Die Blumenkrone kann gleich dem Kelch aus Blättern bestehen, die

bis zu ihrem Grunde herab von einander getrennt erscheinen (Corolla polypetala), wohin die Gruppe der sogenannten Polypetalen oder vielblätterigen Blüthen gehört; sie kann aber auch eine kürzere oder längere Röhre bilden, deren Saum so viele Vorsprünge besitzt, als Blätter zur Bildung der Blumenkrone verwerthet wurden (Corolla gamopetala), wohin die Gruppe der sogenannten Monopetalen oder Gamopetalen, d. h. der einblätterigen oder verwachsenblätterigen Blüthen gehört. Einblätterig ist solche Blumenkrone ebenso wenig, als sie streng genommen verwachsenblätterig genannt werden darf. Bei ihrem Entstehen erscheinen nämlich immer so viele warzenförmige Erhebungen um den Vegetationskegel der Blüthenknospe, als später Abschnitte des Saumes der Blumenröhre gezählt werden; jede dieser Erhebungen aber entspricht einer Blattanlage, deren Trennung von einander beim weiteren Verlauf der Ausbildung unterblieben ist, so dafs der getrennt angelegte Blattkreis später als Röhre hervortritt. Man darf demnach consequenter Weise hier nur von nicht getrennten Blumenblättern reden (p. 284). Dasselbe gilt für diejenigen Fälle, wo die Blumenkrone zwar nicht röhrenförmig auftritt, aber wo dennoch mehrere der Anlage nach getrennte Theile später mit einander vereinigt erscheinen, so dafs anfänglich getrennte Blumenblätter sich später als Ganzes erheben, wie dies bei der Balsamine der Fall ist, wo je zwei der Anlage nach getrennte Blumenblätter sich später vereinigen (Fig. 192. p. 289). Bei Monotropa, welche normal getrennte Blumenblätter, also eine Corolla polypetala, besitzt, erscheinen nicht selten zwei Blumenblätter mit einander verbunden, so dafs die viergliedrige Blume oftmals nur zwei getrennte Blumenblätter oder die fünfgliedrige Blume drei getrennte Blumenblätter besitzt, wo das dritte Blatt, nur halb so breit als die beiden anderen, als einfaches Blatt, jene aber als Doppelblätter zu betrachten sind[1]).

Die bis zu ihrer Basis getrennten Blumenblätter können gestielt, aber auch ungestielt auftreten; den langen Stiel derselben pflegt man Nagel (Unguis) zu nennen (bei den Sileneen). — Die Gestalt der Blumenblätter ist eben so mannigfach als die anatomische Ausbildung und der chemische Procefs im Innern ihrer Zellen nach der Pflanzenart verschieden ist. Eine Oberhaut mit Spaltöffnungen ist mir für die gefärbten Blumenblätter nicht mehr bekannt, dagegen wird der Sammet-

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie u. s. w. Taf. V. Fig. 19.

glanz derselben bei den Rosen, Lilien, Orchideen u. s. w. durch kegelförmige, dicht nebeneinander liegende, Oberhautzellen, sogenannte Papillen, an welchen sich das Licht in eigenthümlicher Weise bricht, hervorgerufen. — Die Farbenschattirungen aber, welche wir bei vielen Blumen bewundern, entstehen durch die verschieden gefärbten Säfte nebeneinander liegender Zellenreihen; namentlich sind es hier die Verzweigungen der Gefäfsbündel, welche, indem sie das Blumenblatt durchziehen, oftmals die schönsten Zeichnungen hervorrufen. — Der Blüthenduft endlich beruht auf einer Bildung ätherischer Oele und Aetherarten, die namentlich im Parenchym des Blumenblattes stattfindet, und zur Zeit der Blüthenentfaltung ihren Höhepunkt erreicht. Die Blüthenknospen der wohl- (Platanthera) oder übelriechenden Orchideen (Himantoglossum) sind nahebei geruchlos, erst wenn sich die Blüthe entfaltet, entwickelt sich sowohl das ätherische Oel, als auch der Farbstoff der Blüthenhüllblätter, welcher im Vollgenufs des Lichtes sich immer satter entwickelt. Hibiscus mutabilis, in den Gärten um Funchal sehr verbreitet, öffnet seine grofsen Blumen am Morgen mit schneeweifsen Blumenblättern und schliefst sie am Abend in dunkel rosenrother Färbung für immer.

Die Blüthenhülle (Perianthium, Perigonium, p. 287), deren Blätter phylla perianthii genannt werden, kann sowohl kelchartig als auch blumenblattartig auftreten, wonach sie im Bau und in den übrigen Verhältnissen entweder dem Kelch oder der Blumenkrone entspricht. Grün und kelchartig erscheint z. B. der einfache Hüllblattkreis der weiblichen und männlichen Blüthe bei Quercus (Taf. VIII. Fig. 3 u. 4 *p*. u. 19 u. 20 *b*.) und Fagus (Taf. VIII. Fig. 27 *p*. u. Fig. 35 *b*.), ferner der einfache Hüllblattkreis der Zwitterblüthe von Beta und der doppelte Hüllblattkreis bei Juglans (Taf. IX. Fig. 41. u. 42); gefärbt und blumenblattartig zeigt sich dagegen derselbe einfache Hüllblattkreis bei Nyctago und Bugenvillea, blumenblattartig sind ferner die doppelten Hüllblattkreise der Orchideen, Irideen und Musaceen. — Besser wäre es freilich, wenn man, der Entwickelungsgeschichte folgend, die Blüthen nach der Zahl ihrer Blattkreise, jedoch nicht weiter als bis zum Staubblattkreise hinauf, beschreiben wollte, und zwar so, dafs man für jeden Blattkreis sowohl sein Stellungsverhältnifs zu dem darauf folgenden, als auch seine Haupteigenthümlichkeiten in Gröfse, Gestalt und Farbe hervorhöbe; alle Willkühr wäre dadurch beseitigt und die Beschreibung selbst würde bei nahebei gleicher Kürze klarer und verständ-

licher ausfallen, als nach der gewohnten Bezeichnungsweise, wo oftmals der **Eine** nach **seiner** Auffassung dieselbe Pflanze mit einem doppelten Perigon beschenkt, während der **Andere** für sie Kelch und Blumenkrone unterscheidet. Oenothera hat einen grünen Kelch, Fuchsia einen gefärbten.

Die Blumenblätter oder die blumenblattartigen Blüthenhüllblätter eines Kreises können der Gestalt und Gröfse nach unter sich verschieden sein, wodurch wir zunächst die unregelmäfsigen Blüthen erhalten; so bei den Orchideen, welche hierin die gröfseste Mannichfaltigkeit der Gestalten und der Farben entfalten, wofür ich nur an Himantoglossum (Fig. 193) Gongora und Stanhopea erinnern darf; ferner bei Musa und bei Strelitzia, welche, gleich den Orchideen, mit einem doppelten dreigliedrigen Perigon versehen sind. Während aber bei Musa fünf Blattelemente ungetrennt zu einer nur an einer Seite offenen cylindrischen Hülle werden, welche das sechste

Fig. 193.

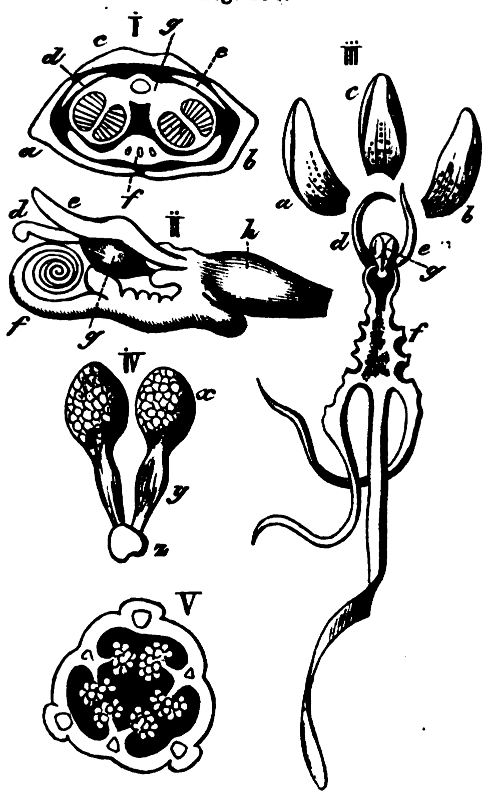


Fig. 193. Himantoglossum hircinum. I Querschnitt durch die Blüthenknospe. II Die Blüthenknospe von der Seite gesehen, nach Entfernung der 3 Blätter des ersten Kreises. III Sämmtliche Blätter der Blüthe von oben gesehen; *a*, *b* und *c* die Blätter des ersten Kreises, *d*, *e* und *f* die Blätter des zweiten Kreises, *f* ist als Lippe ausgebildet, welche in der Knospenlage einer Uhrfeder gleich aufgerollt erscheint und der auch der Sporn angehört. Von dem dritten Blattkreise ist nur **ein** Blatt als sitzende 4fächerige Anthere (*g*) ausgebildet. IV Die Pollenmassen (*x*) der Anthere sammt ihrem Stiel (*y*) und der sogenannten Drüse, dem Retinaculum (*z*). V Querschnitt durch den Fruchtknoten, dessen wandständige Samenträger gespalten sind. (III In natürlicher Gröfse.)

klein verbleibende, freie, Blatt umschliefst (Fig. 194), bleiben bei Strelitzia sämmtliche Blätter bis zum Grunde getrennt; die Blätter des äufseren Kreises sind hier einander in Gröfse, Gestalt und Farbe gleich, zwei Blätter des inneren Kreises bilden dagegen den langen pfeilförmig hervortretenden Theil der Blüthe, welcher die 5 Staubfäden und den langen Staubweg umschliefst, während das dritte Blatt klein und am Grunde der Blüthe verbleibt und dem Blatte *y* der Blüthe von Musa entspricht. Die ersten Entwickelungszustände beider Blüthen sind durchaus dieselben. — Spornartige Anhängsel als hohle Verlänge-

Fig. 194.

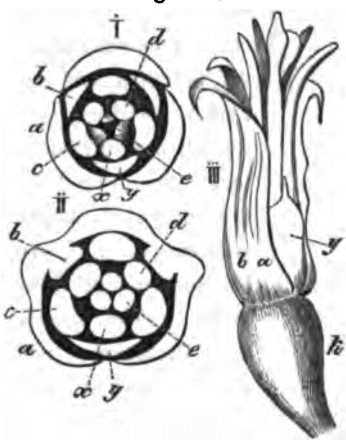


Fig. 195.

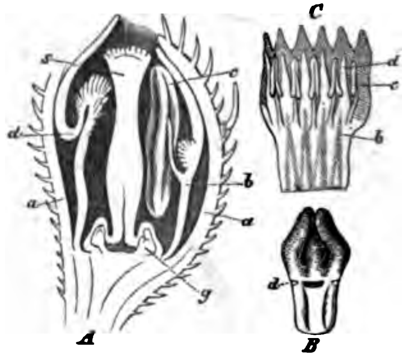


Fig. 194. Musa sapientum. I Die junge Blüthenknospe im Querschnitt, *a* ein Blatt des äufseren dreigliederigen Blattkreises, *b* ein Blatt des zweiten dreigliedrigen Kreises, *c* ein Blatt des ersten Staubblattkreises, *d* ein Blatt des zweiten Staubblattkreises, *e* eines der 3 Narbenblätter. Alle 5 Blattkreise sind dreigliedrig und alteriren mit einander. II Ein Querschnitt durch eine etwas weiter entwickelte Knospe; die 3 Blätter des ersten Kreises sind unter sich und mit 2 Blättern des zweiten Kreises vereinigt, nur das dritte Blatt *y* ist frei geblieben. Das ihm vorgestellte Staubblatt *x* verkümmert später, so dafs die ausgebildete Blüthe III eine aus 5 nicht getrennten Blättern entstandene, nur an einer Seite offene Blüthenhülle (*a* und *b*), und daneben ein kleines freies Blatt (*y*), welches von derselben umschlossen wird, aufserdem aber 5 Staubfäden, desgleichen einen aus 3 Blattorganen entstandenen Staubweg besitzt, dessen knopfförmige Narbe noch 3 Blattrudimente zeigt. Der unterständige Fruchtknoten wird bei den späteren sogenannten männlichen Blüthen nicht mehr ausgebildet, nur die Blüthen der ersten Bracteen entwickeln deshalb Früchte. (I u. II 50 mal vergröfsert. III In natürlicher Gröfse.)

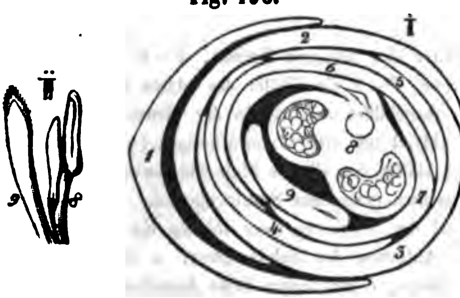
Fig. 195. *A* Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenknospe von Symphytum asperrimum, *a* Kelchblatt, *b* Blumenkrone, *c* Staubblatt, *d* die der Länge

rungen der getrennten oder nicht getrennten Blattorgane (bei Aquilegia, Delphinium, Orchis, Valerianella), desgleichen tutenartige, nach Innen vortretende Auswüchse, sogenannte Hohlschuppen (Fornices) (bei den Borragineen) (Fig. 195 *d*) sind gar nicht selten, auch kann das Blumenblatt am Rande tief zerschlitzt, gewissermafsen gefingert auftreten (Reseda). — Bei den polypetalen Blüthen ist die Mannigfaltigkeit und Unregelmäfsigkeit der Gestalten im Allgemeinen gröfser als bei den gamopetalen, wo zunächst die Ausbildung der freien Randpartien dem Grade und der Gestalt nach verschieden sein kann (bei den Personaten, den Lobeliaceen und Labiaten).

Das Staubblatt.

§. 71. Die **Staubblätter** oder **Staubgefäfse** (**Stamina**) folgen auf die Blumenblätter oder auf die Blüthenhüllblätter, wenn überhaupt solche vorhanden sind. — In der ersten Anlage sind auch die Staubblätter kleine warzenförmige Erhebungen (Fig. 189. p. 285 u. Fig. 194) welche sich von den Anfängen der Kelch- und Blumenblätter in Nichts unterscheiden; aber sehr bald entwickelt sich ihre Blattfläche, indem ein Theil ihrer Parenchymzellen zu Mutterzellen für die Pollenkörner wird, als Staubbeutel. Häufig eilt nun der Staubblattkreis dem vor ihm angelegten Kreise der Blumenblätter voran, so dafs in einem solchen Falle der letztgenannte leicht übersehen werden kann; so bei

Fig. 196.



den Gräsern und den Cruciferen (Matthiola maderensis). Nicht selten wird auch nur die eine Hälfte des Staubblattes zum Staubbeutel und die andere bleibt entweder blattartig (bei Canna) (Fig. 196), oder sie nimmt eine eigen-

nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes, *s* die Narbe, *g* die Samenknospe, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche hinabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen. (16 mal vergröfsert.) *B* Eine Blumenkrone von der Seite gesehen, *d* die Taschen. *C* Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet, *b* der röhrenförmige Theil derselben, *c* die Staubblätter, *d* die Taschen. (5 mal vergröfsert.)

Fig. 196. Canna Spec. I Querdurchschnitt durch eine halb ausgebildete

thümliche Gestalt an (bei Salvia (Fig. 197) Prunella u. s. w.). Auch findet man bei gefüllten Blumen nicht selten die Uebergänge vom Blumenblatt zum Staubblatt (Fig. 198).

Der Staubbeutel (Anthera), welcher der Blattfläche des Staubblattes entspricht und der wesentliche Theil desselben ist, kann kurz aber auch lang gestielt sein. Der Stiel desselben, welcher dem Blattstiel des Laubblattes vergleichbar ist, wird Staubbeutelträger (Filamentum) genannt. Derselbe ist mit einem centralen Gefäſsbündel versehen, welches sich gewissermaſsen als Mittelnerv in die Blattfläche des Staubblattes verlängert und selbige in zwei seitliche Hälften theilt. Der Theil zwischen den beiden Staubbeutelhälften wird als Mittelband (Connectivum) bezeichnet. Bisweilen theilt sich auch das Filament selbst in zwei Hälften, deren jede alsdann einen halben Staubbeutel trägt, so bei der Hainbuche (Fig. 199), bei der Haselnuſs (Taf. IX. Fig. 24), bei der Birke und bei der Erle (Taf. IX. Fig. 31 u. 32).

Fig. 197.

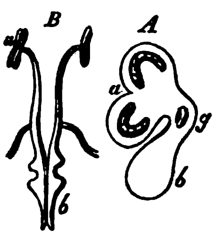


Fig. 198.

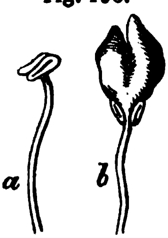
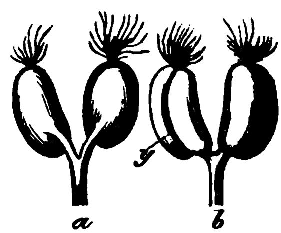


Fig. 199.



Blüthenknospe, *1—3* die Blätter des äuſseren Kreises, *4—6* die Blätter des inneren Kreises der Blumenkrone, *7—9* die Blätter des letzten Blattkreises der Blüthe; *7* ist blumenblattartig ausgebildet und tritt in der offenen Blüthe lippenartig hervor, *8* ist zum Staubblatt mit einer zweifächerigen (halben) Anthere geworden, während die andere Hälfte des Blattes blumenblattartig geblieben ist, *9* bildet den Staubweg, mit seitlich gelegenem Staubwegcanal. (Vergröſserung 15 mal.) II Das Staubblatt und der Staubweg einer solchen Knospe isolirt.

Fig. 197. *B* Die beiden Antheren der Salvia nivea; *a* die ausgebildete, zweifächerige Seite des Staubfadens, *b* die andere Seite desselben, welcher der Staubbeutel fehlt. *A* Ein ganz junger Staubfaden im Querdurchschnitt. Die übrigen Bezeichnungen wie oben. *y* Das Gefäſsbündel des Staubfadenträgers. (*A* 50 mal, *B* 8 mal vergröſsert.)

Fig. 198. Camellia variabilis. *a* Ein ausgebildetes Staubblatt, *b* der Uebergang vom Blumenblatt zum Staubblatt, welcher hier nicht selten vorkommt.

Fig. 199. Staubfäden von Carpinus Betulus. *a* In der Rückenansicht, *b* in der Vorderansicht, *y* die Längsfurche des Staubbeutels, welche sich später als Längsspalte öffnet. (10 mal vergröſsert.)

Wenn sich der Grundtheil, der die einzelnen Staubblätter trägt, als kürzere oder längere Röhre erhebt, so erhalten wir eine ähnliche Erscheinung als bei der aus nicht getrennten Blättern entstandenen Blumenkrone (p. 291) (bei Ruscus und bei einigen Amaranthaceen) (Fig. 200). Wenn sich dagegen mehrere oder viele Staubblattkreise von einer gemeinsamen Röhre getragen, erheben, so sehen wir den für die Malvaceen bekannten Fall (beide Fälle gehören zu Linné's 16. Klasse). Bei den Papilionaceen (Linné's 17. Klasse) dagegen sind die Filamente von 9 Staubblättern am Grunde zu einer nur an einer Seite offenen Röhre verbunden, welche den zehnten freien Staubfaden umschliefst, was an das Perigon der Musa erinnert (Fig. 194. p. 294). Die Filamente der zahlreichen Staubblätter bei den Hypericineen endlich sind an ihrem Grunde in 3—5 Bündel vereinigt (Linné's 18. Klasse). Die Staubbeutel selbst sind dagegen, mit wenig Ausnahmen, immer getrennt; auch bei den Compositen, wo man von einer Verwachsung der Antheren zu einer Röhre redet, sind selbige nur mit ihren Rändern fest verklebt. Wirklich mit einander zu einem Ganzen verbundene Staubbeutel finden sich in der männlichen Blüthe der Colocasia antiquorum, welcher alle Hüllorgane der Blüthe fehlt und die aus 2 oder 3, seltener aus 4, von oben bis unten ungetrennten, Staubblättern besteht und danach auf dem Querschnitt 8, 12 oder 16 Staubfächer und aufser dem centralen Gefäfsbündel der Blüthenachse noch 2, 3 oder 4 Gefäfsbündel zeigt, deren jedes dem Connectiv eines Staubblattes angehört (Fig. 201).

Fig. 200.



Fig. 201.

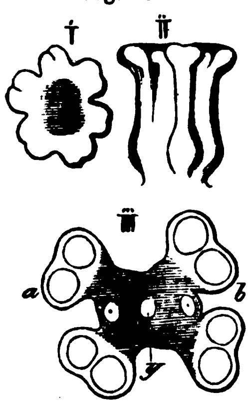


Fig. 200. Die 5 Antheren der Alternanthera diffusa, deren Träger nur im oberen Theil getrennt sind, ausgebreitet. Die Staubbeutel sind zweifächerig. (Vergröfserung 25 mal.)

Fig. 201. Colocasia antiquorum. i Die männliche aus 3 ungetrennten Staubblättern bestehende Blüthe von oben gesehen. ii Dieselbe von der Seite. iii Eine aus 2 Staubblättern gebildete männliche Blüthe im Querschnitt, a die eine, b die andere Anthere, y das centrale Gefäfsbündel der Blüthenachse. (i und ii 10 mal, iii 40 mal vergröfsert.)

Auch giebt es, dem zusammengesetzten Laubblatte analog, zusammengesetzte Staubblätter, indem ein gemeinsames Filament mehrere Staubbeutel trägt, so bei einigen Myrtaceen (Calothamnus purpurea) (Fig. 187. p. 283), wo das zusammengesetzte Staubblatt auch in seiner Entwickelung durchaus einem gefiederten Blatte entspricht. Die Staubblattgruppen bei Hypericum, Tilia und Mesembryanthemum werden von Payer ebenfalls mit dem zusammengesetzten Blatte verglichen.

Die Gestalt der Staubblätter, desgleichen die Art wie der Staubbeutel von seinem Filament getragen wird[1]) und ebenso die Weise, wie sich zur Blüthezeit die Fächer des Staubbeutels öffnen, ist nach der Pflanzenart verschieden, und ebenso mannigfach, aber durchaus constant, ist auch die Gruppirung der Mutterzellen im Parenchym der Blattfläche, in welchen sich der Blüthenstaub ausbilden soll.

Die Mehrzahl der Staubbeutel ist 4fächerig, d. h. es entstehen in der Blattfläche des Staubblattes 4 Längsreihen von Mutterzellen (Fig. 202), deren

Fig. 202.



je 2 einer Blattseite angehören. Solche Antheren werden in der beschreibenden Botanik fast durchweg, jedoch mit Unrecht, 2fächerig, genannt, weil zur Zeit der Blüthe das Band, welches die beiden Fächer jeder Blattseite trennt, entweder ganz oder theilweise verschwindet, so dafs nunmehr der Staubbeutel wirklich zweifächerig erscheint und in der Regel mit 2 Längsspalten aufspringt.

Wirklich zweifächerige Staubbeutel, wo jede Blattseite auch ursprünglich nur ein einziges

Fig. 202. *A* Ein Staubfaden von Amygdalus communis, kurz vor dem Aufspringen, *a* und *a'* die beiden Fächer einer Seite, *a''* ein Fach der anderen Seite, *b* der Staubfadenträger, *x* die Längsfurche, welche sich beim Aufspringen öffnet. *B* Ein Querschnitt dieses Staubfadens, *y* das Gefäfsbündel.

---

[1]) Bei den Gramineen z. B. balancirt der 4fächerige Staubbeutel auf der Spitze seines Filamentes. In den meisten Fällen aber ist derselbe mit seinem Träger fest und unbeweglich verbunden. Das Mittelband geht in solchem Falle entweder bis zur Hälfte des Staubbeutels oder fast bis zum Ende des letzteren hinauf (Taf. VIII. Fig. 21), oder es ragt gar über den Staubbeutel hervor (bei den Abietineen, Vinca, Anona und Juglans, Taf. IX. Fig. 46). — Der 4fächerige Staubbeutel der Cucurbita ist schlangenartig hin- und hergewunden, was in ähnlicher Weise bei Hydnora wiederkehrt. Bei Thunbergia coccinea und Erica cinerea sind die Staubbeutelhälften am unteren Ende mit einem Anhängsel versehen, bei Carpinus und Corylus dagegen trägt das obere Ende derselben einen Haarschopf (Taf. IX. Fig. 9 u. 24).

Fach besitzt, finden wir dagegen bei den Asclepiadeen, ferner bei einigen Amaranthaceen (Gomphrena und Alternanthera), desgleichen bei den Abietineen (Fig. 203) und bei Ephedra. Ein wirklich einfächeriges Staubblatt ist mir endlich nur für Arceuthobium Oxycedri bekannt, wo die zur Bildung des Pollens bestimmte Partie, gleich dem Rande einer Schiefsscheibe, ein solides Centrum umgiebt (Fig. 204).

Fig. 203.

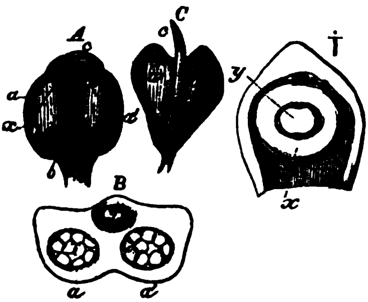
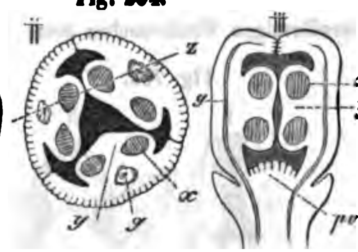


Fig. 204.



Während bei allen anderen Pflanzen der Blüthenstaub in den genannten Fächern der Anthere in einer ununterbrochenen Reihe von Mutterzellen entsteht, erfolgt seine Bildung bei Viscum (Fig. 205) und Rafflesia (Fig. 161. p. 157) nur in zerstreuten Gruppen des Blattparenchyms der Anthere. Bei Meriolix aber, wo der Pollen gleichfalls in Gruppen entsteht, wird derselbe später dennoch, durch das Vertrocknen des die Gruppen trennenden Gewebes, wie bei den anderen Onagrarieen, aus zwei Längsspalten entlassen. — Bei vielen Nadelhölzern (Juniperus, Thuja, Cupressus [Fig. 206]) und bei den Cycadeen endlich ist das Staubblatt schuppen- oder schildförmig ausgebildet,

Fig. 203. Staubfäden der Lerche (Larix europaea). *A* Im halbreifen Zustande, *a* und *a'* die beiden Fächer, *b* das Filament, *x* die Linie, nach welcher späterhin der Staubfaden aufspringt. *B* Querschnitt eines solchen Staubfadens, *y* das Gefäfsbündel. *C* Ein bereits aufgesprungener Staubfaden von der Hinterseite, *c* die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchennadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei *B* und *C* gleichbedeutend mit *A*. (Vergröfserung bei *A* 30mal, bei *B* 50mal, bei *C* 6mal.)

Fig. 204. Arceuthobium Oxycedri. I Ein Staubblatt von der inneren Seite gesehen, *x* der Theil, in welchem sich die Pollenkörner bilden, *y* die aus Parenchym bestehende Mitte des Staubblattes. II Eine junge Blüthe im Querschnitt, aus 3 Staubblättern bestehend, *g* das Gefäfsbündel des Staubblattes, *x* und *y* wie bei I. III Ein Längsschnitt durch eine solche Blüthe, *pv* der Vegetationskegel der Blüthenachse. (Vergröfserung 20mal.)

es trägt an seiner Unterseite mehrere oder zahlreiche sackartige Verlängerungen, die **Pollensäcke**, in denen sich der Blüthenstaub bildet. Bei Zamia und Cupressus sind diese Pollensäcke nur klein, bei Araucaria brasiliensis aber, wo sie in 2 sich deckenden Reihen auftreten, sind selbige lang und kantigen Säulen vergleichbar (Fig. 207). Diese Pollensäcke wurden bisweilen, z. B. von Richard, allein mit Unrecht, als das Staubblatt selbst betrachtet. Bei Ephedra endlich werden mehrere ungestielte zweifächerige Antheren (Staubbeutel) von einer säulenförmigen Blüthenachse getragen (Fig. 208).

Fig. 205.

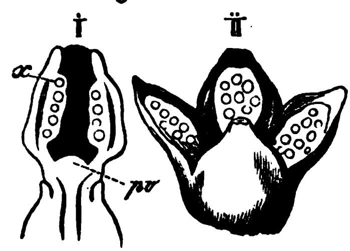


Fig. 206.



Fig. 207.

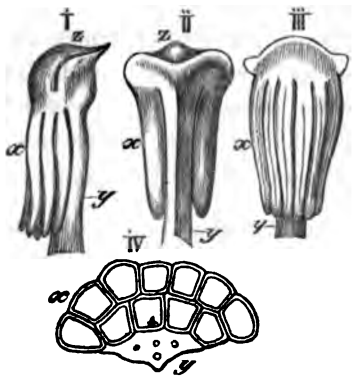


Fig. 208.

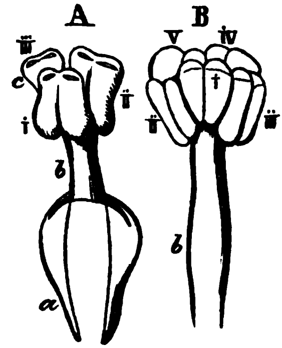


Fig. 205. Viscum album. I Die junge männliche Blüthenknospe im Längsschnitt, *pv* der Vegetationskegel der Blüthenachse, *x* die Pollengruppen in dem Parenchym des Staubblattes. II Die offene männliche Blüthe von der Seite gesehen, aus 4 an ihrer Basis ungetrennten Staubblättern bestehend. (I 20, II 10 mal vergrößert.)

Fig. 206. *A* Der schildförmige Staubfaden der Cypresse (Cupressus sempervirens) von unten gesehen, *a* die Blattfläche, *b* das Filament, *c* die Pollensäcke

Der Staubfadenträger ist bisweilen mit Anhängseln versehen, bei Asclepias, Borrago und auch bei Viola, wo freilich von 5 Filamenten nur zwei eine Verlängerung in den Sporn der Blüthe senden. Bei einer Abtheilung der Euphorbiaceen hat der Staubfadenträger etwa auf halber Höhe ein Gelenk, durch welches der obere Theil des Staubblattes nach der Verstäubung abgeworfen wird (Fig. 209), und bei einer anderen Abtheilung dieser Familie wird das Gelenk noch von mehreren kleinen blattartigen Schuppen umgeben. Einige Botaniker betrachten deshalb die Euphorbienblüthe nicht als eine einfache Blume, sondern als einen Blüthenstand, und halten jeden einzelnen Staubfaden für eine selbstständige männliche Blüthe, den centralen Fruchtknoten aber für die weibliche Blüthe der Euphorbiaceen. Allein es scheint mir noch zweifelhaft, ob diese Schüppchen wahre Blätter oder ob sie nur flächenartige Ausbreitungen des Filamentes sind, was mir viel wahrscheinlicher ist, weil uns bis jetzt kein einziger Fall der Bildung des Staubfadens aus einem Stammorgan bekannt ist, hier aber, wenn jene Schuppen wirklich Blätter wären, der Staubfaden einem Stamm entsprechen müfste.

Fig. 209.



Der anatomische Bau des Staubbeutels ist vom gewöhnlichen Blatte, und ebenso vom Kelch und Blumenblatte, wesentlich verschieden. Die Anatomie des Staubfadenträgers entspricht dagegen häufig dem gemeinen Blattstiel, seine Oberhaut ist

an der Blattfläche. *B* Längsschnitt durch eine junge Anthere; die Bezeichnung wie oben. (*A* 8 mal, *B* 25 mal vergröfsert.)

Fig. 207. Antheren des männlichen Blüthenstandes der Araucaria brasiliensis. I Von der Seite, II von oben und III von unten gesehen, *x* die langen Pollensäcke, welche sich an der unteren Seite mit einer Längsspalte öffnen (III), *y* der Staubblattträger, *z* die Spitze des Staubblattes, welche hier nur wenig entwickelt ist und dem schildförmigen Theile des Staubblattes von Cupressus (Fig. 206) entspricht. IV Ein Querschnitt durch ein Staubblatt aus dessen Mitte genommen, die Pollensäcke (*x*) liegen in 2 Reihen. (I—III 3 mal, IV 8 mal vergröfsert.)

Fig. 208. Ephedra alata. *A* Eine männliche Blüthe mit ihrem aus 2 nicht getrennten Blättern entstandenen Perigon (*a*), *b* der Stammtheil der Blüthe, *c* die sitzenden zweifächerigen Antheren, deren bei *A* drei, bei *B* dagegen, wo das Perigon entfernt ist, fünf vorhanden sind. (Vergröfserung 12 mal.)

Fig. 209. Staubfäden von Euphorbia canariensis. I Vor dem Aufspringen. II Nach dem Aufspringen. (10 mal vergröfsert.)

in der Regel mit Spaltöffnungen versehen und das centrale Gefäßbündel ist wie im Blattstiel gebaut; es breitet sich aber nicht, wie bei den meisten Laubblättern, in die Blattfläche, Seitennerven bildend, aus, sondern tritt vielmehr in der Regel nur als Mittelnerv in die eigentliche Blattfläche, in den Staubbeutel hinüber. Das Gewebe des letzteren ist nun zum gröfsten Theil zur Bildung des Blüthenstaubes bestimmt; in demselben entstehen die Mutterzellen, in welchen sich die Pollenkörner ausbilden sollen, umgeben von zahlreichen Reihen zarter Parenchymzellen, welche diese Mutterzellen ernähren und deshalb nach dem Grade der Reife, den die Anthere erreicht, von Innen nach Aufsen verschwinden, so dafs, wenn der Staubbeutel zur Blüthezeit aufspringt, von ihnen nichts mehr vorhanden ist. — Die Wand des ausgebildeten Staubbeutels besteht in der Regel aus 2 Zellenreihen, deren eine, und zwar häufiger die innere, in den meisten Fällen durch spiralige oder ringförmige Verdickungsbänder geziert ist [1]. — Die Wand der Pollensäcke bei den Cupressineen wird dagegen nur von einer Zellenreihe, der das Spiralband fehlt, gebildet; dagegen hat Araucaria mehrere Zellenreihen und zwar in der äufseren spiralige Verdickungen. — Das Aufspringen aller Staubbeutel geschieht nun durch ein allmäliges Austrocknen der Staubbeutelwandung; die Richtung des Aufspringens aber wird durch anatomisch bestimmte Zellenreihen, welche der Spannung früher als die anderen nachgeben und deshalb zerreifsen, bedingt. Durch das Spiralband in den Zellen der Antherenwand scheint das Zurückschlagen der letzteren befördert zu werden. Die Antheren der Laurineen, welche mit 4 Klappen aufspringen, haben nur in der Klappe Spiralzellen (Oreodaphne, Persea) (Fig. 210).

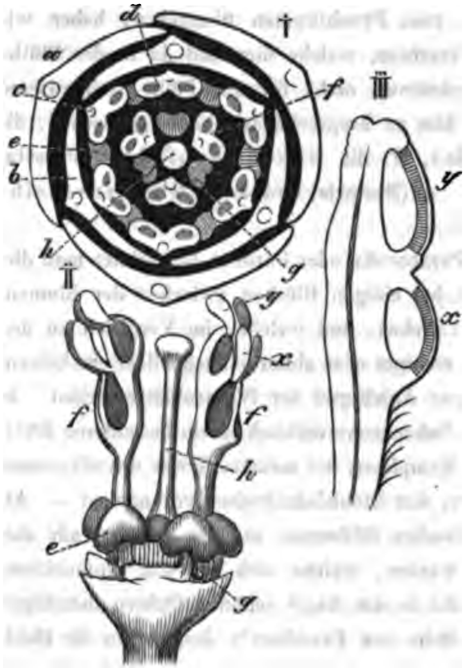
Das Aufspringen der Antheren erfolgt nun in verschiedener Weise und zwar entweder durch einen längeren oder kürzeren Rifs oder durch Klappen. Danach erhalten wir Staubbeutel, welche mit einem Loch, d. h. mit einem kurzen klaffenden Rifs an der Spitze aufspringen (Solanum, Hyoscyamus, Visnea), oder sich mit einer geraden Längsspalte (Liliaceae, Gramineae, Ranunculaceae, Pinus, Picea), oder mit einer schiefen Spalte (Larix) öffnen. Mit Klappen öffnen sich die Staubbeutel der Laurineen (Fig. 210) und Berberideen und aus unregelmäfsigen, durch Vertrocknen entstandenen, Oeffnungen wird der Pollen von Viscum entlassen (Fig. 205). Bei Clethra wendet sich die Anthere, wenn sie aufspringen

---

[1]) Man sehe Purkinje, de cellulis antherarum fibrosis. Vratislaviae 1830. — v. Mohl, fibröse Zellen der Antheren. v. Mohl's vermischte Schriften p. 62.

will, auf ihrem Filament, so dafs die untere Spitze sich nach oben kehrt und sich alsdann mit einer kurzen Spalte öffnet. Eine polsterartige Bildung am Ende des Filamentes bewirkt, den beweglichen

Fig. 210.



Blättern von Oxalis ähnlich, die Wendung der Anthere[1]). — Die Lage der beiden Staubbeutelhälften zu einander und zum Filament und das relativ sehr verschiedene Auseinanderweichen der geöffneten Antherenwände wird für die beschreibende Botanik wichtig (insbesondere bei den Labiaten), ebenso die Stellung der sich öffnenden Antheren zu den übrigen Blüthentheilen, wonach man Staubbeutel, die nach Innen (Fig. 192. p. 289) oder (seltener) nach Aufsen (Irideae, Bombax) aufspringen, unterscheidet. Bei vielen (ob bei allen?) Laurineen springen

Fig. 210. Persea indica. I Querschnitt durch die junge Blüthenknospe; *a* und *b* Blätter der beiden ersten dreigliedrigen alternirenden Blattkreise, *c* und *d* Antheren, welche entweder zwei dreigliedrigen Blattkreisen oder, was mir wahrscheinlicher erscheint, einem sechsgliedrigen Blattkreise angehören, weil zwischen ihnen ein sechsgliedriger Kreis nicht zur Ausbildung gekommener Staubblätter (*e*) erscheint, *f* eine Anthere des inneren dreigliedrigen Kreises, zwischen welcher drei unausgebildete Staubblätter (*g*) auftreten, *h* der Staubweg. Die Antheren *c* u. *d* springen nach Innen, die Anthere *f* dagegen nach Aufsen auf, die Lage der unausgebildeten Staubblätter (Nebenstaubfäden) entspricht den letzteren. II Zwei Staubfäden des inneren Kreises mit den Nebenstaubfäden des äufseren, *x* eine der unteren, *y* eine der oberen Klappen der Anthere. III Ein Längsschnitt durch das Staubblatt. (I u. II 15 mal, III 40 mal vergröfsert.)

---

1) Für den Blüthenstaub verweise ich auf den Abschnitt über die Befruchtung.

die Staubbeutel des doppelten äufseren Kreises nach Innen, des inneren einfachen Kreises dagegen nach Aufsen auf (Fig. 210)[1].

Die Nebenorgane der Blüthe.

§. 72. Ehe wir jetzt zum Fruchtknoten übergehen, haben wir noch einige Organe zu betrachten, welche hier und da in der Blüthe vorkommen und deren Bedeutung nicht für alle Fälle nachgewiesen ist. Unter die Rubrik der hier zu besprechenden Theile gehören 1. die Nebenkrone (Paracorolla), 2. die Nebenstaubfäden (Parastamina), 3. die Honigbehälter (Nectaria) und 4. die Blüthenscheibe (Discus).

Als Nebenkrone (Paracorolla oder Corona) bezeichnet man diejenigen Bildungen, welche bei einigen Blüthen zwischen der Blumenkrone und den Staubfäden stehen, und welche, im Vergleich zu den Theilen der Blumenkrone, weniger oder abnorm ausgebildet erscheinen, dann aber auch verschiedene Anhängsel der Blumenblätter selbst. In dem ersten Falle kann die Nebenkrone wirklich einem besonderen Blattkreise angehören, z. B. bei Nymphaea, wo mehrere Kreise unvollkommen ausgebildeter Blumenblätter, den Staubfadenkreisen vorangehen. — Als Anhängsel oder unselbstständige Bildungen müssen dagegen alle diejenigen Theile betrachtet werden, welche sich aus der Blumenkrone selbst hervorbilden, z. B. die in der Regel schön gefärbten fleischigen Papillen im Grunde der Blüthe von Passiflora[2]), desgleichen die Hohlschuppen (Fornices) der Borragineenblüthe, welche als taschenförmige nach einwärts gerichtete Anhängsel jedem der 5 nicht getrennten Blumenblätter eigen sind (Fig. 195. p. 294). Die sogenannte Nebenkrone der Asclepiadeenblüthe gehört nicht einmal der Blumenkrone an; diese Bildungen sind vielmehr Anhängsel des Staubfadenträgers[3]), welche in ähnlicher Weise auch bei der Blüthe von Borrago vorkommen. Der Begriff der Nebenkrone wird überhaupt sehr willkürlich aufgefafst; so zählen Einige die beiden langen dünnen Blattorgane in der Blüthe von

---

[1]) Der Querschnitt durch die noch vollkommen geschlossene Blüthenknospe, welcher überhaupt für die Untersuchung der Blüthe sehr wichtig ist, zeigt auch am besten, in welcher Richtung die Staubbeutel aufspringen werden. Wenn nämlich das Gefäfsbündel im Connectiv der Anthere nach Aufsen liegt, so springt der Staubbeutel nach Innen auf (Fig. 192. p. 289 und Fig. 193. p. 293), ist dagegen dasselbe nach Innen gewendet, so springt der Staubbeutel nach Aufsen auf; bei Persea indica findet sich beides in derselben Blüthe (Fig. 210).

[2]) Schleiden's Grundzüge. Ausg. II. Bd. II. p. 263.

[3]) Mein Mikroskop. Auflage II. Taf. V. Fig. 2 u. 13.

Aconitum, desgleichen ähnliche Formen bei Helleborus, Trollius und Nigella hierher, Andere betrachten wieder die beiden kleinen warzenförmigen Schuppen der Grasblüthe, die sogenannten Lodiculae, als Nebenkrone.

Auch der Pappus oder die Federkrone der Compositen, er sei nun aus Schuppen, Borsten oder Haaren gebildet, gehört nach Buchenau[1]) zu den Nebenorganen der Blüthe; seine erste Anlage erscheint erst nach dem Auftreten der Blumenkrone und der Staubfäden, er kann deshalb nicht als Kelch betrachtet werden, weil er in diesem Falle als erster Blattkreis entstehen müſste. Die Formen des Pappus sind mannigfaltig, auch kann derselbe in einfacher und doppelter Reihe vorkommen.

Nicht viel besser ergeht es mit den Nebenstaubfäden (Parastamina), wohin man alle diejenigen Bildungen zählt, welche zwischen den wirklichen Staubblättern und dem Fruchtknoten stehen. Dieselben zeigen sich in mancherlei Gestalt, und sind den Staubblättern bald mehr bald weniger ähnlich, doch fehlt ihnen jederzeit der ausgebildete Staubbeutel mit dem Pollen. Bisweilen sind sie nur als kleine Warzen oder Schuppen vorhanden und zwar namentlich dann, wenn ein Staubfadenkreis der Blüthe nicht alle seine Theile zur vollkommenen Ausbildung bringt; diejenigen der Anlage nach vorhandenen Staubblätter, welche sich nicht ausbilden, bleiben hier schuppenartig, so bei Pedicularis, Lathraea und Orobanche. Bei Mangifera bildet sich von 5 angelegten Staubfäden nur einer wirklich aus, die 4 anderen aber bleiben als ungestielte Organe von der Gestalt eines Staubbeutels, aber ohne Blüthenstaub am Grunde der Blüthe[2]). Bei den Orchideen, wo von 3 der Anlage nach vorhandenen Staubblättern nur eines oder bei Cypripedium zwei ausgebildet werden, verbleiben im ersten Falle die beiden anderen als kleine Hervorragungen, welche sich bei Limodorum abortivum gar nicht selten einzeln oder beide und zwar, soviel ich beobachtet, nur als halbe (zweifächerige) Antheren ausbilden und sich damit als wirkliche Staubblätter ausweisen (Fig. 211). Das nicht zur Ausbildung gekommene dritte Staubblatt von Cypripedium dagegen ist blumenblattartig geworden. Bei den Laurineen findet man zwischen den

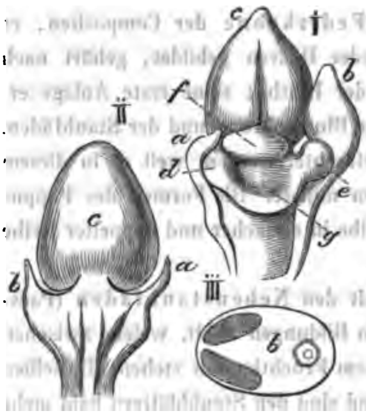
---

[1]) Buchenau, Blüthenentwickelung der Dipsaceen, Valerianeen und Compositen. p. 125.

[2]) Man vergleiche meinen Bericht über Madeira und Tenerife. Taf. IV. Fig. 5 und 8 *y*.

wirklichen Staubblättern noch kleine gelbgefärbte Organe, welche der Form nach viel Aehnlichkeit mit den Staubfäden besitzen, aber niemals Pollen ausbilden. Bei Persea indica sind sie in gleicher Anzahl als die Staubfäden vorhanden, und wie die Stellung und Gestalt nachweist, sicher verkümmerte Staubfäden (Fig. 210. p. 303).

Fig. 211.



Honigbehälter, Honigdrüsen (Nectaria)[1] nennt man in der Blüthe jeden beliebigen Theil, falls derselbe eine zuckerhaltige Flüssigkeit ausscheidet. Was nun der Eine als Nebenkrone oder als Nebenstaubfaden bezeichnet, das sieht der Andere, wenn eine Aussonderung zuckerhaltiger Säfte stattfindet, als Nectarium an; so betrachtet man bei Parnassia palustris die äusserst zierlich geformten Blattorgane des auf die Staubblätter folgenden Kreises, welche auf langen Stielen eine knopfförmige Drüse tragen, als Nectarien, und bezeichnet eine drüsenartige Bildung im Grunde des Blumenblattes von Ranunculus mit demselben Namen. Da aber ein jeder Pflanzentheil, er sei Stamm- oder Blattgebilde, die Function einer secernirenden Drüse übernehmen kann und oftmals nur, wie in den beiden angegebenen Fällen, scharf begrenzte Partien eines Organs eine secernirende Oberfläche besitzen, so darf diese Eigenschaft nicht als Charakter eines besonderen selbstständigen Theiles der

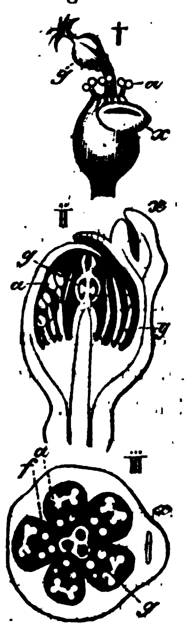
Fig. 211. Limodorum abortivum. I Das Staubblatt und der Narbenblattkreis der Blüthe von vorn gesehen; *a* und *b* die beiden seitlichen Blätter des Staubblattkreises, welche normal nicht zur Ausbildung kommen, sondern wie bei *a* verbleiben, während *b* im vorliegenden Falle eine halbe (zweifächerige) Anthere (III) gebildet hat, *c* die normale, immer ausgebildete, vollkommene (vierfächerige) Anthere; *d* und *e* die beiden seitlichen Narbenblätter, welche normal als kleine Warzen wie bei *d* verbleiben, während sich bei *e* das Narbenblatt mehr entwickelt hat; *f* das normal immer ausgebildete Narbenblatt, *y* die secernirende Oberfläche des Grundtheils der Narbe. II Die 3 Staubblätter bei normaler Ausbildung in der Rückenansicht. III Querdurchschnitt der Anthere I *b*. (I u. II 6 mal, III 8 mal vergröſsert.)

1) Caspary, de nectariis. Elberfeldae 1848. — Ders., Bot. Zeitung 1848. p. 68, 1849. p. 129 und 1856. p. 881.

Blüthe aufgestellt werden; ich stimme deshalb SCHLEIDEN vollständig bei, welcher den Begriff Nectarium als besonderes Organ aus der beschreibenden Botanik gestrichen hat [1]).

In den Scheidewänden des Fruchtknotens vieler monocotyledonen Gewächse (Liliaceae, Amaryllideae, Bromeliaceae, Canneae, Musaceae) hat BRONGNIART [2]) eigenthümliche, mit einer secernirenden Oberhaut versehene, spaltenförmige Räume nachgewiesen, welche sich schon durch die Art ihres Auftretens nicht als selbstständige Organe, sondern nur als die freie, äufsere Oberfläche der einwärts geschlagenen Fruchtblattränder erweisen. Die Ausscheidung zuckerhaltiger Säfte ist bei Strelitzia Augusta so grofs, dafs dicke Tropfen von den Blüthen träufeln. Bei Fritillaria imperialis füllt sich der Grund der Blume mit einem Zuckersaft, in dem die Pollenkörner gar leicht Schläuche treiben. Bei Furkroya gigantea, deren Blüthen, wie es scheint, niemals ansetzen, tritt ein grofser klarer Tropfen einer zuckerhaltigen Flüssigkeit aus dem Staubweg hervor. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich oftmals bei Phormium tenax, zumal wenn die Bestäubung nicht rechtzeitig erfolgte. Bei Taxus hängt zur Zeit der Bestäubung ein ähnlicher Tropfen auf dem Knospenmund der nackten Samenknospe. Die Ausscheidungen der Narbe und des Staubweges zur Ernährung der Pollenschläuche sind dagegen in den meisten Fällen nicht so massenhaft. Aus der äufseren Wandung der aus zwei fünfgliedrigen Blattkreisen entstandenen Blüthenhülle der Poinsettia pulcherrima erhebt sich ein einem Weihbecken ähnliches gelbgefärbtes Gebilde, dessen innere vertiefte Oberfläche süfse Säfte aussondert (Fig. 212).

Fig. 212.



Die Blüthenscheibe oder der Discus endlich ist eine Ausbreitung des Stammtheiles der Blüthe, welche in den verschiedensten Formen, sowohl als Ring oder als Becher, aber auch als eine mehrklappige Hülle auftreten kann. Ein solcher Discus kann sowohl eine

Fig. 212. Poinsettia pulcherrima. I Die Blüthe nach der Befruchtung, *g* der über die Blüthenhülle hervorgetretene Fruchtknoten, *x* die zuckerhaltige Säfte

1) SCHLEIDEN, Grundzüge. Ausg. II. Bd. II. p. 244.

2) A. BRONGNIART, les glandules nectarifères de l'ovaire. Annal. d. sciences. Tom. II. Cah. No. 5.

(Quercus), als auch mehrere Blüthen (Fagus, Castanea) umschliefsen. Bei der Eiche und der Buche geht aus ihm die Cupula hervor. Er kann aber auch zwischen den einzelnen Blattkreisen auftreten, z. B. als fleischige Scheibe, welche beim Ahorn zwischen dem Blumenblatt- und dem Staubblattkreise liegt; häufiger noch umgiebt er als Ring oder Kranz den Fruchtknoten (bei der Weinrebe). — Manche, z. B. Schleiden, betrachten als Discus auch diejenigen Bildungen, wo sich der Grundtheil mehrerer Blattkreise einer Blüthe später als ein Ganzes becher- oder röhrenförmig erhebt, wie dies bei den Rosaceen, am ausgeprägtesten aber bei Arachis und bei den Onagrarieen (Fig. 189. p. 285) der Fall ist. Je nachdem nun der Kreiswulst oder die Röhre, welche mehrere Blattkreise trägt, am Grunde des Fruchtknotens verbleibt oder bis zu dessen Mitte hinaufsteigt, oder gar sich über ihn erhebt, spricht man von einem unterständigen, mittelständigen und oberständigen Discus.

Der Discus der Cupuliferen ist dadurch ausgezeichnet, dafs er gleich einem wahren Stammorgan die Fähigkeit besitzt, unter seiner Spitze Blätter zu bilden. Die schuppenartigen Blätter an der becherförmigen Cupula der Eiche, desgleichen die längeren stark behaarten linienförmigen Blätter der Buche entstehen nacheinander an der äufseren Seite des Randes, welcher sich gleichzeitig dabei erhebt (Taf. VIII. Fig. 2—6 *cp*). Bei der Eiche ist der Discus becherförmig; bei der Buche und bei der echten Kastanie bildet er dagegen von Anfang an eine vierklappige Hülle. Die sogenannte Cupula der Hainbuche (Taf. IX. Fig. 1—3) und der Haselnufs (Taf. IX. Fig. 14—18) ist dagegen ein Blattgebilde, welches mit der Cupula der Eiche und der Buche gar nicht zu vergleichen ist. Bei den Lorbeerarten, dem Til (Oreodaphne foetens), entsteht die Scheincupula aus dem fleischig gewordenen, am Fruchtknoten hinaufwachsenden Grundtheil des Kelches (p. 290).

Als Anhängsel der Blüthe ist noch des Sporns (Calcar) zu gedenken, welcher sowohl an einem Kelchblatt (bei Impatiens), aber auch an einem Blüthenhüllblatt (Orchideae) entstehen kann, noch häufiger aber aus dem Grundtheil, welcher Kelch- und Blumenblätter trägt,

aussondernde Drüse, *a* Staubfäden, welche sich gleichfalls über den Rand der Blüthenhülle erheben. II Ein Längsschnitt durch die Blüthenknospe, *y* mit Haaren besetzte pfriemenförmige Blättchen, welche von Einigen für die Bracteen der Staubfäden gehalten werden. III Ein Querschnitt durch dieselbe, *f* Filamente der inneren Staubfäden, welche sich früher als die äufseren erheben. (II u. III 4 mal vergröfsert.)

hervorgeht (Tropaeolum). Auch der Staubfadenträger kann ähnliche, jedoch, soweit mir bekannt ist, nicht hohle Anhängsel besitzen (Viola, Impatiens, Asclepias, Borrago).

Alle diese appendiculairen Organe der Blüthe, mit Ausnahme des Pappus und Discus, würden am zweckmäſsigsten, sowohl nach ihrer Gestalt, als auch nach ihrer Stellung in der Blüthe, genau beschrieben. Dadurch, daſs man ihnen Namen gegeben hat, ohne sich um ihre Entstehungsweise zu bekümmern, hat man der Wissenschaft wenig genützt, wohl aber hier und da Verwirrung in dieselbe gebracht. Durch eine kurze, aber charakteristische Beschreibung solcher Theile für jeden speciellen Fall wäre jedem Miſsverständniſs abgeholfen.

Der Fruchtknoten.

§. 78. Die letzte Bildung in der Blüthe ist für alle Fälle der Fruchtknoten (pistillum), mit den zu ihm gehörigen Theilen. Man unterscheidet hier den unteren hohlen Theil, die Fruchtknotenhöhle (Germen), den mittleren längeren oder kürzeren, eine Röhre darstellenden, Theil, den Staubweg (Stylus) und den oberen freien Theil, die Narbe (Stigma). Der erste Theil fehlt, wenn überhaupt ein Pistill vorhanden ist, niemals, die beiden anderen können dagegen entweder einzeln oder beide nur sehr unvollkommen ausgebildet erscheinen. Das Pistill kann aus Blattorganen, welche man alsdann Fruchtblätter (Carpella) zu nennen pflegt, gebildet werden, es kann aber auch im oberen Theil aus Blattorganen, im unteren dagegen aus dem hohl gewordenen Stammtheil der Blüthe entstehen; ja es kann endlich aus diesem hohl gewordenen Stammtheil allein (?) gebildet werden. Oft ist es selbst mit Hülfe der Entwickelungsgeschichte schwierig hier zu entscheiden; in solchen Fällen halte ich es für richtiger, sich jeder Deutung zu enthalten und die Sache genau so zu beschreiben, wie sie ist.

Man unterscheidet oberständige und unterständige Fruchtknoten. Oberständig nennt man den Fruchtknoten, wenn die vorhergehenden Blattkreise der Blüthe am Grunde desselben stehen und ihn somit umgeben; unterständig dagegen, wenn er selbst auf seinem Scheitel die übrigen Blattkreise der Blüthe trägt. Auſserdem giebt es noch Fruchtknoten, welche man weder oberständig noch unterständig nennen kann, weil der Blüthe alle weiteren Blattkreise fehlen, so bei der weiblichen Blüthe der Erle (Taf. IX. Fig. 26) und

der Birke, die nur aus einem Pistill mit zwei Narben besteht. Carpinus (Taf. IX. Fig. 2—4) und Corylus (Taf. IX. Fig. 18) dagegen haben einen unterständigen Fruchtknoten [1]).

Nur der oberständige Fruchtknoten kann wirklich aus Blättern allein hervorgehen. Wenn dies geschieht, so kann er 1. aus einem Blatte gebildet werden, wie das Pistill der Amygdaleen (Fig. 213), Pomaceen, Ranunculeen, Anonaceen, Nyctagineen, Proteaceen und nach SCHLEIDEN der Papilionaceen. In diesem Falle kann nur ein einziges Fruchtblatt in der Blüthe vorhanden sein, welches demnach auch nur ein Pistill bildet, wie bei dem Steinobst und bei den Proteaceen, es können aber auch mehrere oder viele einzelne Fruchtblätter auftreten, welche alsdann eben so viele vereinzelte Pistille bilden; wie bei den Alismaceen und Rosaceen, ferner bei Ranunculus und Anona. Die Fruchtblätter stehen in diesem Falle meistens nicht, gleich den vorhergehenden Blüthentheilen, in Kreisen, sie nehmen vielmehr eine Spiralstellung an dem sich mehr oder weniger erhebenden Stammtheil der Blüthe ein, was bei Myosurus und Ceratocephalus unverkennbar ist; aber schon bei der Erdbeere und der Himbeere deutlich genug hervortritt. Bei der Bildung des oberständigen Fruchtknotens aus einem Fruchtblatte sieht man das junge Fruchtblatt von oben zuerst als sichelförmig gekrümmte Wulst auftreten. Die Ränder nähern sich darauf mehr und mehr, doch ist die Spalte noch erkennbar. Die sich bald darauf berührenden Ränder schlagen sich nunmehr nach Innen und an ihnen entwickeln sich die Samenknospen, sie werden mit anderen Worten

Fig. 213.

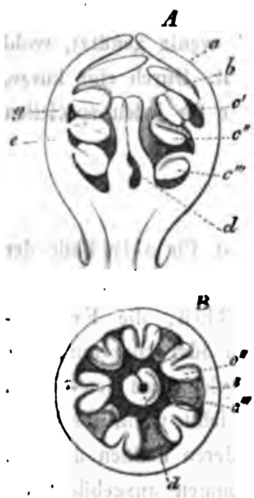


Fig. 213. *A* Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüthe (Prunus Cerasus), *a* Kelchblatt, *b* Blumenblatt, *c'*, *c''* und *c'''* Antheren, drei verschiedenen Kreisen angehörig, *d* der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden, *e* der Blüthenboden, d. h. der Grund der Blüthe, welcher Staubfäden, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. *B* Querschnitt einer Blüthenknospe desselben Entwickelungszustandes in der Höhe von *g* bei *A* ausgeführt. Die Bezeichnung wie bei *A*. (Vergrößerung 40mal.)

1) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie p. 43—50.

zum wandständigen Knospenträger des Blattpistills. Bei der weiteren Ausbildung des letzteren verwächst darauf die Spalte, bleibt aber bei allen Früchten dieser Art, z. B. bei der Kirsche, der Pflaume, dem Pfirsich und der Apricose als Längsfurche immer noch erkennbar; ebenso am Fruchtknoten der Proteaceen und Asclepiadeen.

Der oberständige Fruchtknoten kann aber auch 2. aus mehreren Fruchtblättern, welche entweder getrennt auftreten und später an ihren einwärts geschlagenen Rändern mit einander verwachsen, oder, was häufiger der Fall ist, nur an der Spitze getrennt erscheinen, deren Grundtheil aber als ein Ganzes hervorgeschoben wird, gebildet werden. Die Helleboreen, Paeonieen, Butomeen, die Papaveraceen und die Nymphaeaceen gehören hierher. Der Fruchtknoten erhält in diesem Falle so viele einzelne Fruchtfächer als Blätter zu seiner Bildung thätig waren, und jedes Fruchtfach besitzt seine eigene Narbe und seinen eigenen Staubweg, welche aus dem oberen Theil des Fruchtblattes entstehen, während das Fruchtfach dem Grundtheil desselben Blattes entspricht. Die Fruchtblätter eines solchen Fruchtknotens erscheinen als ein Blattkreis um die Spitze der Blüthenaxe angeordnet. Das Vorkommen getrennter Staubwegcanäle unterscheidet diesen Fruchtknoten wesentlich von der folgenden Art des oberständigen Pistills, wo, wenn auch mehrere Fruchtblätter zur Bildung desselben thätig waren, der Staubwegcanal immer, selbst bei mehreren Fruchtfächern, einfach ist. Bei Asclepias bleiben die beiden dort vorhandenen Fruchtblätter bis zur Spitze hinauf getrennt, diese verwächst erst über dem Staubweg und bildet so den Narbenkörper, welcher nicht als Narbe für die Pollenschläuche dienen kann, weil der Staubwegcanal jedes der beiden getrennten Pistille nicht auf, sondern unter ihm, mündet[1]).

Die dritte Bildungsweise des oberständigen Fruchtknotens, ist nun der Art, dafs man nicht mehr mit Sicherheit entscheiden kann, ob man es mit einem Blatte oder mit einem Stammorgan, oder endlich mit einem Gebilde zu thun hat, woran beide Antheil nehmen. Es erhebt sich nämlich, nachdem die vorhergehenden Blattkreise angelegt sind, aus der Mitte der Blüthenachse ein runder oder länglich runder Wall, auf dem häufig kleine warzenförmige Höcker, wahrscheinlich als Blattandeutungen, hervortreten. Der Wall steigt darauf mehr

[1]) Man vergleiche meine Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops, Ausg. II. Taf. V. Fig. 1. 23, wo die Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Asclepias syriaca gegeben ist.

und mehr empor, und aus ihm entsteht ein becherförmiges Organ, welches sich in der Regel nach unten erweitert und so die Fruchtknotenhöhle bildet, während der obere, engere, Theil zum Staubweg wird, der entweder freie Narben trägt oder dessen Rand die Stelle derselben vertritt.

Der Staubweg eines solchen Pistills stellt immer eine einfache Röhre dar, dagegen kann die Fruchtknotenhöhle selbst sowohl einfächerig als auch mehrfächerig erscheinen. Mehrfächerig wird die Fruchtknotenhöhle, sobald die innere Wand des Fruchtknotens Vorsprünge bildet, welche entweder im Centrum der Fruchtknotenhöhle auf einander treffen, oder sich dort, was häufiger der Fall ist, mit der Stammspitze der Blüthenanlage, welche als Mittelsäulchen im Innern des Fruchtknotens emporsteigt, vereinigen. Auf diese Weise bildet sich die Mehrzahl der oberständigen Fruchtknoten, und zwar einfächerig, bei den Violarieen, Amaranthaceen, Papayaceen (Fig. 190. p. 287), den Resedaceen und bei Cleome (Taf. IX. Fig. 38—39); mehrfächerig dagegen bei den Monotropeen, Pyrolaceen (Taf. IX. Fig. 34—37), den Labiaten, den Borragineen, den Tiliaceen, den Malvaceen, Bombaceen, Scrophularineen, den Sileneen u. s. w.

Der wirklich unterständige Fruchtknoten endlich darf wohl in allen Fällen als ein hohlgewordenes Stammgebilde betrachtet werden. Seine Entwickelungsweise ist von der zuletzt geschilderten Art nicht wesentlich verschieden. Auch er zeigt sich zuerst als kleiner runder oder länglich runder Wall inmitten der vor ihm angelegten Blüthentheile; statt dafs sich aber dieser Wall, wie vorhin, in der Mitte der vorhergehenden Blattkreise erheben sollte, erhebt sich vielmehr der Stengeltheil der Blüthe selbst und zwar als hohle Röhre unterhalb dieser Blattkreise; die Fruchtknotenhöhle, welche oftmals ursprünglich kaum unterständig war, wird dadurch erst unterständig; bei den Onagrarieen (Fig. 215), Opuntia, Stylidium u. s. w.

Das schlagendste Beispiel eines unterständigen Fruchtknotens liefern die Cacteen; hier ist der letztere nichts anderes als ein hohlgewordener Stengel, welcher auf seinem Scheitel die Blattorgane der Blüthe trägt, und diese bei Opuntia sämmtlich nach dem Verblühen durch Bildung einer Korkschicht unter ihnen als ein Ganzes abwirft. — Die Blüthenknospe der Opuntia Ficus indica unterscheidet sich anfänglich nicht von der Stengelknospe; während diese sich später abplattet, bleibt jene cylindrisch und auf ihrem Scheitel erscheinen in ganz all-

mäliger Abstufung die sich flacher ausbildenden Blüthenhüllblätter der Blüthe (p. 287). Der unterständige Fruchtknoten der Opuntia ist als ächter Zweig mit denselben kleinen fleischigen Blättern, wie der junge vegetative Zweig, besetzt, ja bei Pereskia erreichen diese spiralig gestellten Blätter sogar eine bedeutende Gröfse. Die abgebrochene Blüthe oder Frucht der Opuntia Ficus indica schlägt auch als ächter Zweig, in trockene Erde gepflanzt, sehr leicht Wurzeln, und bildet im nächsten Jahr aus ihren Achselknospen junge Zweige; sie kann auf diese Weise ein neues Pflanzenexemplar erzeugen. — Der unterständige Fruchtknoten von Viscum album hat gar keine Fruchtknotenhöhle, er ist ein Stengelglied, in dessen Mark ein oder mehrere Embryosäcke entstanden sind (Fig. 214).

Aber auch der Wall, welcher die erste Andeutung zum unterständigen Fruchtknoten giebt, kann sich aufserdem noch als Röhre erheben und so zum längeren oder kürzeren Staubweg werden, welcher wie beim oberständigen Pistill entweder freie Narben trägt oder seinen Rand als Narbe ausbildet (Opuntia, Oenothera [Fig. 215], Orchis, Sty-

Fig. 214.

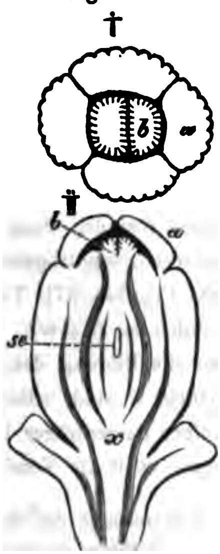


Fig. 215.

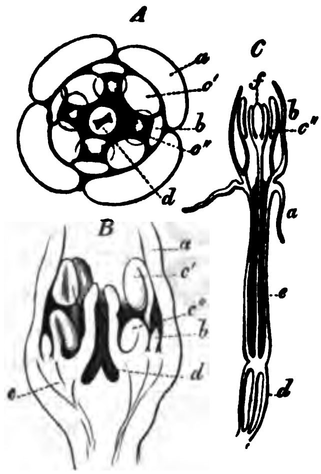


Fig. 214. Viscum album. I Die weibliche Blüthe im Querschnitt, *a* eines der 4 Perigonblätter, *b* eines der beiden nur der Anlage nach vorhandenen Narbenblätter. II Der Längsschnitt durch die Blüthe aus derselben Zeit, *a* und *b* wie bei I, *se* der Embryosack, in der Mitte des Markes des zum unterständigen Fruchtknoten gewordenen Stengelgliedes *x*. (Vergröfserung 10 mal.)

lidium). Einen derartigen Staubweg und eine solche Narbe darf man sehr wohl als Blattgebilde betrachten.

Der Staubweg (Stylus) des unterständigen Fruchtknotens, er sei nun kurz oder lang, ist immer einfach, dagegen kann die Fruchtknotenhöhle, wie beim oberständigen Pistill der dritten Bildungsart, sowohl einfächerig als auch mehrfächerig auftreten. Die Fruchtfächer entstehen hier auf dieselbe Weise wie dort, durch seitliche Hervorragungen der inneren Fruchtknotenwand, welche gewissermaßen mit dem im Inneren der Fruchtknotenhöhle entstandenen Mittelsäulchen, eine Verlängerung der Blüthenachse selbst (p. 286), verschmelzen.

Steigt nun das Mittelsäulchen, mit den wandständigen Samenträgern verschmolzen, fast bis zur ganzen Höhe der Fruchtknotenhöhle hinauf, so erscheint der Fruchtknoten bis oben hinauf mehrfächerig, und nur in der Spitze erkennt man die wandständigen Samenträger (bei den Liliaceen, Amaryllideen, Irideen, Cupuliferen [Taf. VIII. Fig. 29—31 u. 34] u. s. w.). Steigt dasselbe aber nicht bis zur ganzen Höhe der Fruchtknotenhöhle hinauf, so erhalten wir den sehr häufig vorkommenden Fall, wo ein Fruchtknoten nur in der unteren Hälfte wirklich mehrfächerig ist, im oberen Theile aber einfächerig erscheint, weil die nach Innen vortretenden Scheidewände, welche die Samenknospen tragen, wohl noch in der Mitte des Fruchtknotens auf einander treffen, sich aber nicht vereinigen, vielmehr als wandständige, weit ins Innere vordringende, Samenträger erscheinen (bei den Onagrarieen [Fig. 216], Ericaceen, Monotropeen, Pyrolaceen [Taf. IX. Fig. 34—37], Tiliaceen Malvaceen, Bombaceen u. s. w.). Unterbleibt dagegen die Bildung des Mittelsäulchens gänzlich, so sind, selbst wenn die wandständigen Samenträger bis zur Mitte vordringen, weil die Vereinigung

Fig. 216.

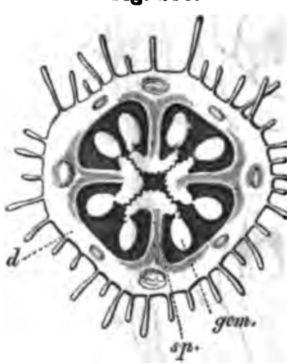


Fig. 215. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata, *a* Kelchblätter, *b* Blumenblätter, *c'* und *c''* Antheren des ersten und des zweiten Staubblattkreises, *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwickelungszustandes, *d* die Fruchtknotenhöhle, *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (Vergrößerung 40mal.) *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Größe), *f* die Narben, die übrigen Buchstaben wie oben.

derselben im Centrum der Fruchtknotenhöhle mangelt, auch keine Fächer vorhanden, so bei der Gurke und dem Kürbis, deren Fruchtknoten häufig, jedoch mit Unrecht, als mehrfächerig beschrieben wird[1]). Bei Carica cauliflora erscheint das Mittelsäulchen als lange freie Säule (Fig. 190. p. 287), der Fruchtknoten bleibt einfächerig, weil die wandständigen Samenträger nicht als Scheidewände bis zur Mitte vortreten.

Die Bildung der letzteren erfolgt zwar sehr häufig, aber nicht in allen Fällen, durch wandständige ins Innere des Fruchtknotens vordringende und mit dem Mittelsäulchen verschmolzene Samenträger, welche, wie ich weiter oben zeigen werde, immer, selbst beim unterständigen Fruchtknoten, den einwärts geschlagenen Rändern zweier Fruchtblätter entsprechen. Die Scheidewände können nämlich, so bei den Cruciferen, auch durch Hervorragungen entstehen, welche der Mittellinie der Fruchtblätter entsprechen, ja vielleicht sogar (Impatiens) durch das Hohlwerden bestimmter Partieen eines ächten Stammfruchtknotens hervorgerufen werden, wofür mir jedoch die sicheren Beweise fehlen.

Im Innern der Fruchtknotenhöhle entwickeln sich die Samenknospen (Gemmulae, Ovula). Der Theil, aus dem sie hervorgehen und der deshalb nachher den Samen trägt, wird, wenn er als ein besonderes Organ auftritt, Samenträger (Spermophorum) genannt. Bei den Butomeen, desgleichen bei den Papaveraceen versieht die ganze innere Wand des Fruchtfaches den Dienst eines Samenträgers, es treten hier überall Samenknospen hervor; ein Samenträger als besonderes Organ ist hier nicht vorhanden. Bei Carica cauliflora, deren Fruchtknoten fünf nicht getrennten Fruchtblättern entspricht,

Fig. 217.

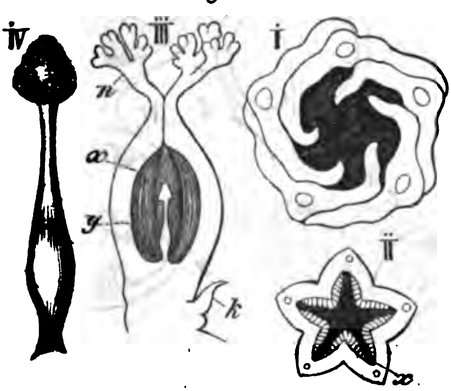


Fig. 216. Querschnitt aus der oberen Hälfte des Fruchtknotens von Oenothera muricata, *d* die Wand desselben, *sp* einer der vier wandständigen Samenträger, *gem* eine Samenknospe. (10mal vergröfsert.)

Fig. 217. Carica cauliflora. I Querschnitt durch die Blumenkrone kurz vor dem Aufblühen der Knospe (Aestivatio contorta). II Querschnitt durch den

[1]) Man vergleiche Taf. XX meiner Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryo Fig. 1 und 2.

sind schmale, nicht von Samenknospen besetzte Räume vorhanden, welche die Mittellinie jedes Fruchtblattes bezeichnen (Fig. 217). Schon hier sind die Samenträger begrenzt; sie lassen sich in den meisten anderen Fällen wirklich als besondere Theile auffassen (bei den Orchideen, Cucurbitaceen, Passifloren u. s. w.). Man unterscheidet mittelständige und wandständige Samenträger.

Der mittelständige Samenträger entsteht, wenn sich die Achse der Blüthe als Mittelsäulchen erhebt und an ihr selbst die Samenknospen hervortreten. Einen freien mittelständigen Samenträger der einfachsten Art besitzen die Santalaceen. Das Mittelsäulchen, welches bei Thesium (Fig. 218) drei Samenknospen ohne Knospenhülle trägt, gleicht dem säulenförmigen aber sterilen Mittelsäulchen der Carica cauliflora (Fig. 217). Bei Celosia ist es viel kürzer, aber noch säulenförmig und trägt zahlreiche Samenknospen; bei den Primulaceen und Myrsineen endlich ist es zu einem kugeligen Körper geworden (Fig. 219), der auf seiner freien Oberfläche zahlreiche Samen-

Fig. 218.

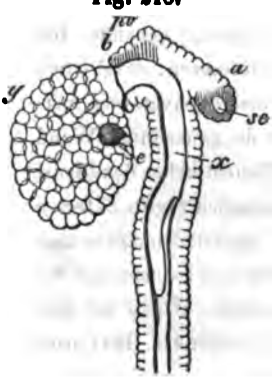
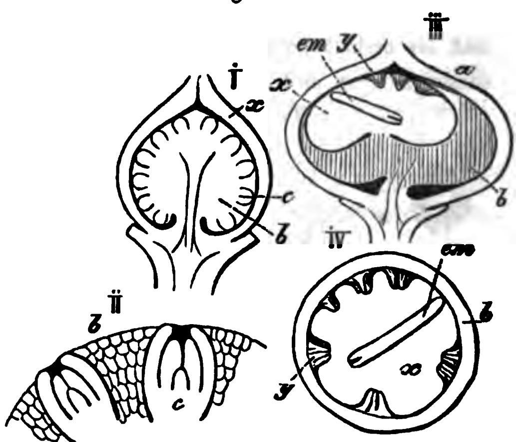


Fig. 219.



Fruchtknoten; bei *x*, welche Region der Mitte des Fruchtblattes entspricht, fehlen die Samenknospen. III Längsschnitt durch den Fruchtknoten, *y* das freie Mittelsäulchen, *n* die Narbe, *k* ein Kelchblatt. IV Das Mittelsäulchen bei 4maliger Vergrößerung. (I 10mal vergrößert.)

Fig. 218. Thesium intermedium. Der centrale Knospenträger mit einer nicht befruchteten (*a*) und einer befruchteten (*b*) Samenknospe ohne Integument, die dritte ist bei dieser Lage des Präparates nicht sichtbar, *se* der Embryosack der nicht befruchteten Samenknospe, *y* das Sameneiweiß (Endosperm) der befruchteten Samenknospe, in welcher die Anlage des Keimes (*e*) gelegen ist,

knospen entwickelt, die bei Ardisia später in das Gewebe des Samenträgers eingesenkt erscheinen. Ein solcher Fruchtknoten ist natürlich immer einfächerig. Einen nicht freien mittelständigen Samenträger zeigt dagegen das mehrfächerige Pistill der Tropaeoleen und der Balsamineen. Die Scheidewände sind hier mit dem Mittelsäulchen vereinigt; jedes Fruchtfach hat nur eine Samenknospe oder nur eine einfache Reihe derselben. Der wirklich mittelständige Samenträger, nur wenig Familien eigen, ist natürlich immer als Stammorgan zu deuten.

Der wandständige Samenträger entsteht entweder aus den wirklich einwärts geschlagenen Rändern eines Fruchtblattes, wie bei den Rosaceen, bei den Pomaceen und bei den Asclepiadeen[1]), oder aus den von der Wand aus ins Innere des Fruchtknotens vordringenden Scheidewänden, z. B. bei den Monotropeen, bei den Pyrolaceen (Taf. IX. Fig. 34 — 37), Tiliaceen, Cucurbitaceen, Onagrarieen (Fig. 216. p. 314), Cupuliferen (Taf. VIII. Fig. 10 u. 30) u. s. w., welche nach ihrer Stellung zu den Narben den einwärts geschlagenen Rändern eines Fruchtblattes entsprechen und sogar bei den Cacteen (Opuntia Ficus indica) nicht anders auftreten. Der Zahl der Narben entspricht jederzeit auch die Zahl der wandständigen Samenträger, und sie erscheinen da, wo sich die Narbenränder berühren. Von diesen aber verlaufen durch den Staubwegcanal, bei den Orchideen, Cupuliferen u. s. w., eben so viele in das Innere vorspringende Gewebestränge, welche in der Fruchtknotenhöhle als wandständige Samenträger endigen und die Pollenschläuche sicher an den Ort ihrer Bestimmung geleiten.

Wenn das Mittelsäulchen durch die ganze Länge des Fruchtknotens mit den Scheidewänden verbunden ist, so wird es oftmals schwierig,

x eine schlauchförmige zellenleere Verlängerung des Embryosackes der befruchteten Samenknospe, welche in den Knospenträger hinabwächst. (Vergrößerung 50mal.)

Fig. 219. **Ardisia excelsa.** I Längsschnitt durch den oberständigen Fruchtknoten zur Blüthezeit, *a* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *b* der centrale freie Samenträger, dessen geradläufige Samenknospen (*c*) einzeln in das Gewebe eingesenkt sind, was II im vergrößerten Maßstabe zeigt. III Längsschnitt durch die reife Frucht, *x* die einzige zum Samen ausgebildete Samenknospe, mit ihrem walzenförmigen Keim (*em*), *b* der Ueberrest des Samenträgers, *y* die vertrockneten Ueberreste der nicht zur Samenbildung gelangten Samenknospen. IV Der Querschnitt durch eine andere Frucht. (I 30mal, II 150mal, III und IV 6mal vergrößert.)

---

[1]) Taf. V. Fig. 12 und 16 meines Mikroskopes.

zu entscheiden, ob wandständige oder mittelständige Samenträger vorhanden sind; wenn dagegen, wie in der Regel, das Mittelsäulchen nur bis zu einer bestimmten Höhe hinaufgeht, so erkennt man im oberen Theil des Fruchtknotens sehr bestimmt die wandständigen Samenträger. Dieselben haben eine sehr grofse Verbreitung, denn auch die Liliaceen, Amaryllideen, Hypoxideen (Curculigo), die Irideen u. s. w. gehören hierher, wogegen der wirklich mittelständige Samenträger nur verhältnifsmäfsig selten vorkommt. Man darf im Allgemeinen annehmen, dafs alle Familien, die einen mehrfächerigen Fruchtknoten mit scheinbar mittelständigen Samenträgern, welche ihre Samenknospen entweder wie Oenothera in zwei Längsreihen tragen (Fig. 216. p. 314), oder, was seltener der Fall ist, einen mit zahlreichen Samenknospen besetzten, von der Mitte weit in die Fruchtfächer vordringenden Körper bilden (Pyrola, Monotropa), keinen wirklich mittelständigen Samenträger, d. h. keinen Samenträger, welcher unmittelbar aus der Achsenspitze der Blüthe hervorgegangen ist, besitzen, indem man bei sorgfältiger Untersuchung im oberen Theil des Fruchtknotens die wandständigen nicht mit einander verwachsenen Samenträger erkennt, wofür Tilia Gypsophila, Polycarena, Anchusa, Curculigo [1]), Pyrola (Taf. IX. Fig. 34.—37.), Quercus (Taf. VIII. Fig. 1—13), Fagus (Taf. VIII. Fig. 27—34) u. s. w. hinreichende Beweise geben. Wo dagegen, wie bei Tropaeolum nur eine Samenknospe, oder wie bei Balsamina nur eine Reihe von Samenknospen in jedem Fruchtfach auftritt, da darf man mit Recht auf einen wirklich mittelständigen Samenträger schliefsen. Die doppelte Reihe der Samenknospen entspricht der gespaltenen Placenta der Orchideen und einiger Begoniaceen, indem jede Reihe der Samenknospen, oder jeder Theil des gespaltenen Samenträgers dem Rande eines Fruchtblattes gleichkommt. Auch bei Opuntia stehen die Samenknospen zweireihig nebeneinander. Für eine genaue Blüthenanalyse ist es deshalb durchaus nöthwendig, den Fruchtknoten durch Querschnitte in verschiedenen Höhen genau zu untersuchen, was bisher nicht immer geschehen ist, weshalb auch gerade die Beschreibungen des Fruchtknotens bei den Pflanzenanalysen oftmals sehr mangelhaft, ja nicht selten unrichtig ausfallen.

Nicht alle Samenträger sind fruchtbar. Von den beiden wandständigen Samenträgern der Haselnufs und der Hainbuche, desgleichen

---

[1]) Man vergleiche Taf. VI meiner Beiträge zur Anatomie und Physiologie.

des Kaffeestrauches, trägt nur der eine Samenknospen, der andere aber verkümmert frühzeitig (Taf. IX. Fig. 6, 7, 19 und 29)[1]. Bei der Wallnufsblüthe treten gar zwei sich gegenüber liegende Vorsprünge ins Innere der Fruchtknotenhöhle auf, welche, wenn sie Samenknospen trügen, als wandständige Samenträger gelten müfsten (Taf. IX. Fig. 42 und 43), so aber erscheint die einzige Samenknospe auf der Spitze der Blüthenachse, und diese seitlichen Vorsprünge oder falschen Samenträger bilden später die Naht der beiden harten Schalenhälften der reifen Wallnufs. Auch die Scheidewände im Fruchtknoten der Rhamneen (Ceanothus, Rhamnus) können als sterile wandständige Samenträger gedeutet werden. Die Samenknospen treten hier aus dem Grunde der Fruchtknotenhöhle hervor, ein Samenträger als besonderer Theil ist nicht vorhanden, ebenso bei Polygonum, Gomphrena (Taf. IX. Fig. 40) und Beta, wo der Fruchtknoten einfächerig und die einzige Samenknospe grundständig ist.

Während Schleiden[2]) die Samenträger insgesammt als Achsenorgane betrachtete und annahm, dafs bei den wandständigen Formen derselben im oberständigen Blattfruchtknoten, die Achse sich theilend, emporwachse und mit der Fruchtknotenwand verbunden wäre, halten andere Forscher die wandständigen Placenten für die Ränder der einwärts geschlagenen Fruchtblätter, eine Ansicht, welche von Meyen, Robert Brown, Buchenau, Rossmann und Anderen[3]) vertreten wird und gewifs die richtige ist; allein man darf damit nicht glauben, dafs alle Samenträger Blattgebilde sind, man mufs vielmehr Stamm- und Blattplacenten unterscheiden. — Alle wirklich mittelständigen Samenträger (p. 316) müssen als Stammorgane aufgefafst werden, ebenso ist der Theil, aus welchem die grundständige Samenknospe hervorgeht, ein Achsengebilde; alle wirklich wandständigen Samenträger (p. 317) sind dagegen Blattgebilde, sie mögen nun frei bleiben, oder mit dem Mittelsäulchen verbunden den Fruchtknoten mehrfächerig machen. Davon sind sogar die unterständigen Fruchtknoten nicht aus-

---

[1]) Bei Coffea bildet ausnahmsweise, jedoch selten, auch der andere Samenträger bisweilen eine Samenknospe, in welchem Falle die Frucht später drei Kaffeebohnen umschliefst; vier Samen habe ich niemals gefunden.

[2]) Schleiden, Beiträge. p. 24—28.

[3]) Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III. p. 229. — R. Brown, Stigma und Wandplaneten. Bot. Zeit. 1843. p. 193. — Buchenau, zur Morphologie der Reseda. Bot. Zeit. 1853. p. 382. — Rossmann, Deutung des Samenträgers. Flora 1855. p. 657. — Schacht, Entwickelungsgeschichte des Fruchtknotens und des Samenträgers. Beiträge zur Anatomie. p. 96. (1854).

geschlossen, denn die einwärts geschlagenen Ränder der Fruchtblätter lassen sich selbst bei den Orchideen und bei Opuntia von der Narbe, durch den Staubweg, bis in die Fruchtknotenhöhle verfolgen (p. 317), wo sie als wandständige zweitheilige oder zweireihige Samenträger endigen; ich kann deshalb den unterständigen Fruchtknoten nicht als ein reines Stammorgan betrachten, sondern mufs in ihm eine Vereinigung von Stamm und Blattgebilde sehen. Die Fruchtknotenwand der Butomeen, Papaveraceen und der Carica, welche zahlreiche Samenknospen trägt, ist ferner unstreitig ein Blattgebilde.

Es bleibt mir deshalb zweifelhaft, ob es überhaupt ein Pistill giebt, an dessen Bildung keine Blattorgane Antheil nehmen. Den unterständigen Fruchtknoten von Thesium mit freier Centralplacente dürfte man vielleicht als reine Achsenbildung betrachten; ob aber für den Staubweg und die Narbe hier dasselbe gilt, bleibt unentschieden.

Der Staubweg (stylus) und die Narbe (stigma) sind in den meisten Fällen sicher Blattgebilde. Die freien Ränder der letzteren bezeichnen alsdann häufig die Zahl der zur Bildung des Staubweges zusammengetretenen Blattorganen (bei Opuntia, Musa, Strelitzia, Polygonum); allein bisweilen zerspalten sich die einzelnen Narbenlappen noch in mehrere oder viele Theile, so trägt das, wie es scheint, aus e i n e m Fruchtblatt entstandene Pistill der Ficus Carica eine z w e i armige Narbe; während die letztere bei Ficus comosa einfach bleibt und bei Ficus stipulata als besonderes Organ kaum vorhanden ist (Fig. 220). Bei Carica Papaya ist jedes Narbenblatt in viele Theile zerschlitzt (Fig. 190. p. 287). Die Narbe kann, wie schon diese wenigen

Fig. 220.

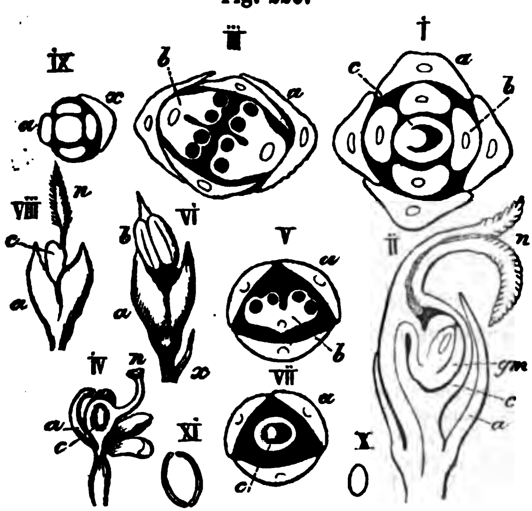


Fig. 220. Die Einzelnblüthen mehrerer Feigenarten. I u. II Ficus Carica. I Querschnitt durch die Knospe einer Zwitterblüthe. *a* Die 4blätterige Blüthen-

zeigen, der Größe und Form nach sehr verschieden ausgebildet sein; ihre innere und nicht selten auch ihre äußere Oberfläche ist mit kleineren oder größeren Epithelialzellen bekleidet, welche die Narbenflüssigkeit aussondern und Narbenpapillen oder Narbenhaare genannt werden. Wenn der Staubweg kurz ist, so erscheint die Narbe sitzend. Nicht selten ist sie so wenig entwickelt, daſs sie sich als besonderer Theil kaum unterscheiden läſst (bei Mangifera, Ficus stipulata und bei Canna, wo sie als einfache seitliche, mit kurzen Papillen besetzte Spalte des blattähnlichen Staubweges erscheint) (Fig. 196. p. 295); die Narben der Gräser sind dagegen sehr ausgebildet.

Der Staubweg kann aus einem oder aus mehreren Blattorganen hervorgegangen sein; er bildet eine kürzere oder längere Röhre, die immer einfach ist, und nur da, wo mehrere Fruchtblätter zu seiner Bildung hervortraten, Hervorragungen zeigt, welche den einwärts geschlagenen Rändern dieser Fruchtblätter entsprechen. Derartige Vorsprünge gehen, wie schon erwähnt (p. 317), ganz allmälig in die wandständigen Samenträger der Fruchtknotenhöhle über und geleiten durch ihre secernirende Oberfläche, welche als leitendes Gewebe (Thela donductrix) bekannt ist, die Pollenschläuche in die einzelnen Fächer des Fruchtknotens und an die Samenknospen derselben. Die centrale Röhre des Staubweges oder der Staubwegcanal erscheint selten als ziemlich weite Oeffnung (bei Tropaeolum majus und Opuntia Ficus indica), viel häufiger ist sie durch

hülle, *b* die 4 Staubblätter, *c* die Anlage zum Fruchtknoten (50mal vergröſsert). II Längsschnitt durch eine weibliche Blüthe, *a* die Blüthenhülle, *c* die Wand des Fruchtknotens, *gm* die Samenknospe mit einfacher Knospenhülle, *n* die zweiarmige Narbe (20mal vergröſsert). III u. IV Ficus stipulata. III Querschnitt durch die Knospe der männlichen Blüthe. *a* Die 4blätterige Blüthenhülle aus 2 zweigliederigen Blattkreisen entstanden, *b* Staubblatt (20mal vergröſsert). IV Die weibliche Blüthe ebenfalls mit 4blätteriger Blüthenhülle (*a*) und kurzer abgestutzter Narbe (*n*) (6mal vergröſsert). V—VIII Ficus comosa. V Querschnitt durch die männliche Blüthe mit 3blätteriger Blüthenhülle (*a*) und einem Staubblatte (*b*) (20mal vergröſsert). VI Die offene männliche Blüthe mit ihrer Bractee (*x*) (10mal vergröſsert), VII Querschnitt durch die weibliche Blüthe (20mal vergröſsert). VIII Die offene weibliche Blüthe (10mal vergröſsert), die Narbe (*n*) ist einfach und pfriemenförmig. IX Querschnitt durch die sehr junge Blüthenknospe von Ficus elastica. *x* Das Blüthendeckblatt, *a* die 4blätterige Blüthenhülle (50mal vergr.). X u. XI Pollenkörner von Ficus elastica, nur $\frac{8}{400}$ Millim. groſs und Ficus comosa, $\frac{6}{400}$ Millim. groſs, mit zwei Stellen zum Austritt des Pollenschlauches (400mal vergröſsert).

die Ausbildung des leitenden Zellengewebes, dessen Zellen sich dicht aneinander legen, scheinbar geschlossen; doch lehrt die Entwickelungsgeschichte, dafs der Staubweg immer als röhrenförmiges Gebilde entsteht; er bildet deshalb in allen Fällen einen offenen, nur durch das leitende Gewebe oftmals sehr verengten Canal, welcher in die Fruchtknotenhöhle führt. Nur bei Rafflesia ist von der grofsen sitzenden Narbe keine offene Verbindung zur Fruchtknotenhöhle vorhanden, hier müssen demnach die Pollenschläuche durch das sich auflockernde Narbengewebe hinabsteigen (?), so wie es Schleiden für den Narbenkörper der Asclepiadeen-Blüthe, jedoch wie ich glaube, mit Unrecht angegeben hat, weil bei Asclepias syriaca der Staubwegcanal eines jeden Pistills sich unter diesem Narbenkörper öffnet und an dieser Stelle mit langen Papillen bekleidet ist, hier aber, und nicht durch den Narbenkörper, die Pollenschläuche hinabsteigen [1]). Hydnora africana endlich besitzt einen kurzen Staubweg, der aus drei Blattorganen gebildet ist, und für jedes Narbenblatt zahlreiche, parallel nebeneinander liegende, spaltenförmige, Oeffnungen besitzt, welche, wie es scheint, durch die hin- und hergebogenen Ränder jedes Narbenblattes entstanden sind, welche sich abwärts in die Fruchtknotenhöhle verlängern und dort als ährenförmige Körper, mit Samenknospen dicht besetzt, herabhängen. Die Anthere der Hydnora hat durch die hin- und hergebogenen Ränder einen ähnlichen Bau (p. 298). Bei Stylidium [2]) stehen die beiden sitzenden Antheren dicht unter der Narbe auf einem langen Staubweg; der letztere wird hier aus zwei verschiedenen Blattkreisen gebildet, deren Basaltheil als ein Ganzes mit einander emporsteigt, vergleichbar der Blüthenröhre der Borragineen, welche im Grunde gleichfalls zwei Blattkreisen entspricht und die Staubfäden trägt (p. 294). In ähnlicher Weise wird auch die einzige Anthere der Orchideen vom Staubweg mit emporgehoben, so dafs sie neben oder über der Narbe liegt (Gongora, Stanhopea, Cephalanthera).

Der anatomische Bau des Pistills ist im Allgemeinen sehr einfach; die Fruchtknotenwandung besteht aus einem Parenchym von Gefäfsbündeln durchzogen, welche sich in den Staubweg verlängern und unter der Narbe endigen, aber auch Seitenäste an die Samenträger abgeben. Die äufsere Oberhaut der Fruchtknotenwandung hat in der Regel Spaltöffnungen und ist vielfach mit Haaren bekleidet, in den

---

1) Mein Mikroskop Taf. V. Fig. 14 *a*.
2) Meine Beiträge zur Anatomie. Blüthenentwickelung v. Stylidium p. 65—70.

Parenchymzellen unter derselben wird häufig Blattgrün gebildet; der Blattfruchtknoten zeigt hierin gewissermaßen einen Rückschritt zum vegetativen Blatte, weil im zarten gebildeten Blumenblatte kein Chlorophyll erzeugt wird. Die innere Oberhaut der Fruchtknotenwandung ist ein wahres Epithelium (Bd. 1. p. 268). Das Mittelsäulchen, in welchem immer Gefäfsbündel emporsteigen, hat ebenfalls ein Epithelium; nur bei der Buche ist dasselbe von langen einzelligen Haaren bekleidet. Ebenso entwickelt der Samenträger einiger Pflanzen über dem Knospenmund jeder Samenknospe lange, zartwandige Haare (bei Euphorbia, Phytolacca und Linum). Der Staubweg ist in der Regel von zarterem Bau als die Wand des Fruchtknotens, sein centraler Canal ist zur Blüthezeit mit einem zarten, langgestreckten Gewebe, dem leitenden Zellengewebe, dessen Zellen häufig aus ihrem Verband gewichen sind, ausgekleidet. Die Narbe endlich ist noch zarter gebaut, sie secernirt zur Blüthezeit gleichfalls eine schleimig zuckerhaltige Flüssigkeit, die Narbenfeuchtigkeit, und veranlafst dadurch die Bildung der Pollenschläuche des auf sie gelangten Blüthenstaubes. Narbe und Staubweg vertrocknen, wenn die Bestäubung vollzogen ist, der Fruchtknoten dagegen schwillt nach der Befruchtung an und wird allmälig zur Frucht, in der die Samen reifen.

Wo kein Fruchtknoten vorhanden ist, bei den Nadelhölzern und den Cycadeen, desgleichen bei Balanophora, da fehlen natürlich auch Staubweg und Narbe, als Theile des Pistills. Die nackten Samenknospen stehen hier auf einem Theil, der bald als Stamm- und bald als Blattorgan gedeutet werden kann. Bei Taxus tritt die Samenknospe als Endknospe eines Seitenzweiges auf (Fig. 221), bei Podocarpus erscheint sie als Achselknospe (Fig. 222), bei den Abietineen bildet sie sich an einer Samenschuppe, welche in der Achsel eines Blattes entsteht und deshalb einem Stammorgan entspricht[1]) (Fig. 223). In den hier genannten Fällen und ebenso bei den Cupressineen, wo die Samenknospen in der Achsel eines Blattes erscheinen, ist der Theil, auf dem sie stehen, sicher ein Stammorgan. Bei Cycas dagegen bilden sich die Samenknospen an einem Blüthenstande, der einem gefiederten Blatte entspricht (Fig. 224) und bei Araucaria entstehen dieselben an einer Samenschuppe, welche kein Stützblatt hat und die man deshalb beliebig sowohl für ein Blattorgan, als auch für eine Stammbildung ansprechen kann

[1]) Wir kennen zum wenigsten kein Beispiel, dafs in der Achsel eines Blattes ohne Zuthun einer Knospe ein Blatt aus sich entstanden wäre.

(Fig. 225), die man aber, wie ich glaube, richtiger als Stammorgan, der Samenschuppe der Abietineen analog, zu deuten hat, da Stammbildungen ohne Deckblatt gar nicht selten sind (der Blüthenstand bei

Fig. 221.

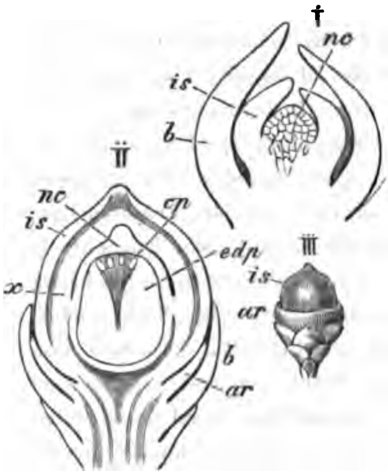


Fig. 222.

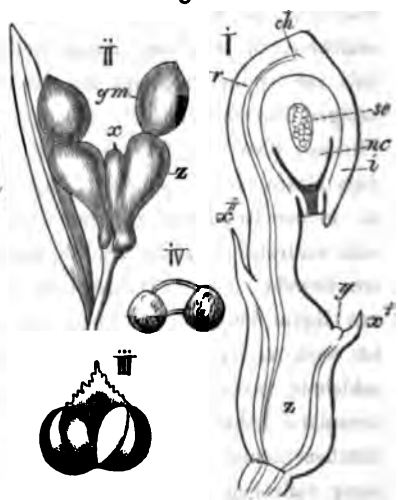


Fig. 223.



Fig. 224.

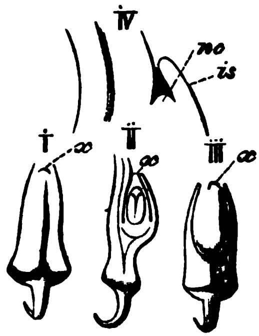


Fig. 225.



Fig. 221. Taxus baccata. I Die junge Samenknospe als Endknospe eines Zweiges im Längsschnitt, *is* das einfache Integument, *nc* der Knospenkern der geradläufigen Samenknospe, *b* Blätter des Zweiges. II Die Samenknospe zur Zeit der Befruchtung im Längsschnitt, *cp* die Corpuscula im Sameneiweifs (*edp*), *x* die später in den inneren Theilen holzig werdende Samenschale, aus dem einfachen Integument entstanden, *ar* der Anfang des Arillus. III Ein halbreifer Same; der Arillus (*ar*) bekleidet denselben erst bis zur Hälfte. (I 50 mal, III 5 mal vergröfsert.)

Fig. 222. Podocarpus lanceolata. I Längsschnitt durch den weiblichen

Vitis und Ampelopsis). Der Blüthenstand der Cycas revoluta mufs dagegen, wenn man den Wedel dieser Pflanze für ein Blatt erklärt, ebenfalls als solches gedeutet werden. Bei Balanophora endlich stehen die nackten Samenknospen frei an einer Achse, von Paraphysen umgeben, (Fig. 161. p. 158). Die Bildung der nackten Samenknospe ist demnach nicht auf das Stammorgan allein beschränkt.

Die Samenknospen selbst werden in dem Abschnitt über die Befruchtung näher besprochen.

Die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blüthentheile zu einander.

§. 74. Nachdem wir die einzelnen Theile der phanerogamen Blüthe für sich betrachtet haben, bleibt uns noch übrig das Verhältnifs dieser Theile zu einander näher ins Auge zu fassen, weil daraus, sowie aus der gleichmäfsigen oder ungleichmäfsigen Ausbildung der einzelnen Theile die regelmäfsige oder unregelmäfsige Gestalt der Blüthe hervorgeht.

Blüthenstand, *x*ᴵ u. *x*ᴵᴵ schuppenartige Deckblätter für die nackte achselständige Samenknospe, welche nur bei *x*ᴵᴵ zur Ausbildung gekommen ist, bei *x*ᴵ aber als kleine warzenförmige Erhebung (*y*), als Vegetationskegel einer Knospe, verblieben ist. Das Stengelglied *z* des Blüthenstandes schwillt später an und wird fleischig; die gegenläufige Samenknospe hat zwei Integumente (*i*), welche jedoch nur an ihrer Spitze getrennt sind, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *ch* die Chalaza, *r* die Raphe oder das Gefäfsbündel der Samenknospe. II Ein halbreifer Samenstand mit 2 ausgebildeten Samenknospen (*gm*), *x* das Deckblatt einer fehlgeschlagenen Samenknospe. III Das Staubblatt von Podocarpus Sellowii. IV Ein Pollenkorn aus demselben. (I und III sind 10 mal, IV ist 200 mal vergröfsert, II dagegen ist in natürlicher Gröfse dargestellt.)

Fig. 223. (Picea vulgaris) Eine junge Samenschuppe (*b*) mit ihrem Stützblatt (*a*) von einem Zapfen, welcher noch innerhalb seiner Knospendeckschuppen lag (21. Mai 1853), *d* die Ablösungsstelle vom Zapfen, *gm* die Samenknospe, *x* der einfache Knospenmund derselben. (Vergröfserung 15 mal.)

Fig. 224. Araucaria brasiliensis. Schuppen des weiblichen Blüthenstandes oder des jungen Zapfens zur Blüthenzeit. I Eine Schuppe, deren Samenknospe *x* nicht ausgebildet wurde, von oben gesehen. II Eine Schuppe mit ausgebildeter Samenknospe im Längsschnitt, *x* der Knospenmund. III Eine derartige Schuppe von oben gesehen. IV Der Theil *x* der Schuppe I im Längsschnitt (8 mal vergröfsert), *nc* der Knospenkern der angelegten Samenknospe, *is* deren einfaches Integument.

Fig. 225. Samenstand von Cycas revoluta. (5 mal verkleinert.) *x* Reifer Same.

Regelmäfsig nennt man eine Blüthe, wenn:

1. die Zahl der Glieder aller Blattkreise einander gleich ist,
2. wenn alle Glieder desselben Blattkreises eine gleiche Gröfse und Ausbildung erlangen.

Der Fruchtknoten darf, selbst wenn er aus reinen Blattorganen entstanden ist, hier nicht mit in Rechnung gebracht werden, weil die Zahl seiner Glieder bei übrigens regelmäfsigen Blüthen sehr häufig den vorhergehenden Blattkreisen nicht entspricht.

Regelmäfsige Blüthen finden wir vorzugsweise in der vierten und in der fünften Classe des Linnéischen Systems, z. B. bei Ilex u. Evonymus, wo 3 viergliedrige Blattkreise, Kelch, Blumenkrone und Staubfäden, vorkommen und der vierfächerige Fruchtknoten überdies so gebaut ist, dafs seine wandständigen Samenträger, welche, mit den Mittelsäulchen vereinigt, die Scheidewände bilden, so gestellt sind, dafs sie sehr wohl als einwärts geschlagene Ränder eines vierten mit den Staubfäden abwechselnden Blattkreises betrachtet werden können, desgleichen bei Oenothera (Fig. 226) mit einem doppelten Staubblattkreise. Dann für die fünfte Classe bei Linum, wo 3 fünfgliederige Blattkreise, Kelch, Blumenkrone und Staubblätter, mit ihren Gliedern alternirend, auf einander folgen und der fünffächerige Fruchtknoten nach der Lage seiner wandständigen, durch das Mittelsäulchen vereinigten Samenträger sehr wohl als vierter fünfgliederiger Blattkreis angesehen werden kann; ferner bei Vitis und Staphilea, wo jedoch auf 3 fünfgliederige Blattkreise ein zweifächeriger

Fig. 226.

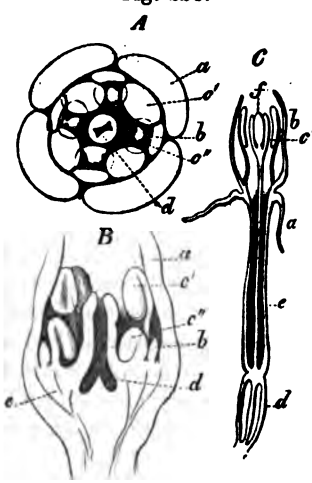


Fig. 226. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blüthenanlage der Oenothera muricata, *a* Kelchblätter, *b* Blumenblätter, *c'* und *c"* Antheren des ersten und des zweiten Staubfadenkreises, *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwickelungszustandes, *d* die Fruchtknotenhöhle, *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet. (Vergröfserung 40mal.) *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Gröfse), *f* die Narben. Die übrigen Buchstaben wie oben.

Fruchtknoten folgt, der, wie bei Anchusa und Borrago, mit zwei wandständigen Samenträgern, aus 2 Fruchtblättern entstanden ist. Als Beispiele regelmäfsiger Blüthen der Monocotyledonen mögen die Irideen mit 4 dreigliederigen alternirenden Blattkreisen, wovon die beiden äufseren die Blüthenhülle, der dritte Blattkreis die 3 Staubfäden und der letzte die 3 Narben bildet, gelten (Gladiolus segetum).

Während der Kreis der Kelchblätter und der Blumenblätter nur in seltenen Fällen, z. B. bei Berberis und bei Epimedium, wo sowohl ein doppelter Kelch als auch eine doppelte Blumenkrone vorhanden ist, doppelt auftritt, erscheinen die Staubblätter vielfach in mehreren Kreisen; so als doppelter Kreis bei Monotropa, bei Berberis, bei Geranium, bei Ruta, bei Oenothera (Fig. 226), bei Lythrum, bei Luzula, bei Colchicum, bei Chamaerops, ferner bei den Liliaceen und bei den Amaryllideen u. s. w. Mehr als zwei Staubfadenkreise endlich finden wir bei den Rosaceen, bei den Ranunculaceen, den Anonaceen, den Nymphaeaceen, den Butomeen u. s. w. — Wenn in der fertigen Blüthe doppelt oder dreimal so viele Staubblätter als Blumenblätter vorhanden sind, darf man, durch die Analogie zahlreicher Fälle gestützt, wohl mit ziemlicher Gewifsheit einen doppelten oder einen dreifachen Staubfadenkreis annehmen; wenn dagegen mehr Staubblätter als Blumenblätter vorhanden sind, die Zahl beider aber zu einander in keinem geraden Verhältnifs steht, wie z. B. bei den Cruciferen und bei Cleome, wo 4 Kelchblätter und 4 Blumenblätter, aber 6 Staubfäden vorkommen (Taf. IX. Fig. 89), so läfst sich ohne die Entwickelungsgeschichte nichts entscheiden. Es sind hier zwei Fälle möglich: 1. können zwei vollzählige Staubfadenkreise der Anlage nach vorhanden sein, von denen jedoch die Ausbildung des einen oder anderen Staubfadens unterbleibt; 2. kann schon die Zahl der Elemente eines Blattkreises der Blüthe ursprünglich gröfser oder kleiner als im vorangehenden Blattkreise ausfallen. Der letztere Fall scheint bei Cleome aufzutreten, wo auf 4 Kelch- und 4 Blumenblätter 6 Staubblätter folgen, er ist ferner von mir für Impatiens und für Balsamina (Fig. 192. p. 289) nachgewiesen, wo auf 4 Kelchblätter 4 Blumenblätter folgen, welche ihrer Stellung nach das Verkümmern einer fünften wahrscheinlich machen, und darauf 5 Staubblätter auftreten. Hier hätten wir somit einen allmäligen Uebergang vom 4blätterigen Kelch zum 5gliederigen Staubfadenkreise. — Bei Matthiola madeirensis und, wie ich vermuthe, bei allen Cruciferen, besteht der Kelch aus einem

doppelten zweigliedrigen Blattkreise, der auch bei der ausgebildeten Blüthe noch durch die Stellung der Kelchblätter auf ungleicher Höhe sichtbar ist. Der folgende Blattkreis, die Blumenkrone, tritt darauf viergliederig hervor, der auf sie folgende Staubblattkreis ist wieder zweigliederig, ihm folgt ein viergliedriger Staubblattkreis und ein zweigliederiger Fruchtblattkreis beschliefst die Blüthe. Sowohl die Elemente des zweigliederigen als auch der viergliederigen Blattkreise alterniren mit einander (Fig. 227). Die wandständigen Samenträger entstehen hier nicht, wie sonst allgemein, aus den Rändern der Fruchtblätter, sondern aus der Mitte der letzteren. — Interessant ist das Abwechseln der zwei- und viergliederigen Blattkreise [1]). — Nicht minder interessant erscheint auch die Stellung der Theile in der Laurineenblüthe, wo bei Persea (Fig. 210. p. 303) auf einen 3 gliederigen Kelch eine 3 gliederige Blumenkrone folgt und

Fig. 227.

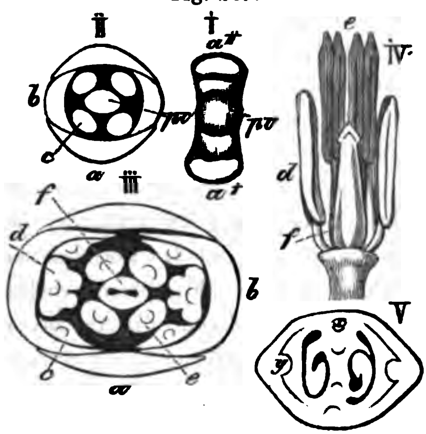


Fig. 227. Matthiola madeirensis. I Der erste Anfang der Blüthe. Um den centralen Vegetationskegel der Blüthenachse sind 2 Blattorgane a^{I} und a^{II} entstanden. II Ein weiteres Stadium. Nachdem abermals ein zweigliedriger Blattkreis (*b*) erschienen ist, hat sich ein viergliedriger Blattkreis (*c*) gebildet, aus dem die 4 Blumenblätter hervorgehen, während *a* und *b* die Kelchblätter bilden. III Ein weiterer Zustand der Blüthenentwickelung. Auf dem viergliedrigen Blumenblattkreis ist der erste zweigliedrige Staubblattkreis *d* erschienen, dem ein viergliedriger Staubblattkreis *e* gefolgt ist, bis endlich ein zweigliedriger Fruchtblattkreis *f* den Entwickelungscyclus beschliefst. In dieser Blüthe wechseln demnach zwei- und viergliedrige Blattkreise mit einander. IV Die inneren Theile der Blüthe von der Seite gesehen, zwei der Staubfäden *e* sind entfernt. Die Bezeichnung wie oben. V Querschnitt durch den Fruchtknoten zur Blüthezeit, *x* die Mitte des Fruchtblattes, aus welcher sich die Scheidewand gebildet hat, *y* der Theil des Fruchtblattes, welcher dem Rande desselben entsprechen würde. (I und II 60 mal, III 30 mal, IV 6 mal und V 40 mal vergröfsert.)

[1]) Ich werde gelegentlich die Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Matthiola ausführlicher besprechen.

dann zwei 3gliederige Staubblattkreise hervortreten, denen ein 6gliederiger Kreis von Nebenstaubfäden folgt, worauf wieder abwechselnd ein 3gliederiger Staubblattkreis und ein eben so viel gliederiger Kreis von Nebenstaubfäden den Fruchtknoten umgiebt. Auch hier wird, wie es scheint, ein Blattkreis verdoppelt.

Ferner kommen hier noch die Fälle in Betracht, wo zahlreiche Staubfäden am Grunde vereinigt sind und so entweder mehrere Bündel bilden, wie bei Hypericum, oder wo sie als zusammengesetzte Staubblätter auftreten, wie bei Calothamnus (Fig. 187. p. 283). Wenn man hier von Blattkreisen reden will, so muſs man bei Hypericum die 3 Bündel, bei Calothamnus aber die 4 zusammengesetzten Staubblätter als einem Blattkreise angehörig betrachten, was auch mit der Entwickelungsgeschichte vollkommen übereinstimmt. Calothamnus gehört demnach zu den regelmäſsigen Blüthen mit 3 viergliederigen Blattkreisen, welche dem Kelch, der Blumenkrone und den Staubblättern entsprechen.

Unregelmäſsig wird eine Blüthe in der Regel dann erst genannt, wenn entweder die Zahl der Glieder zweier aufeinander folgender Blattkreise sich nicht gleich ist, oder wenn das eine oder das andere Glied desselben Blattkreises einen anderen Grad der Ausbildung als die übrigen erlangt hat.

Die Zahl der Glieder zweier aufeinander folgender Blattkreise kann aber aus zwei Gründen, nämlich 1. schon ursprünglich, bei Impatiens Balsamina, Cleome, Mattiola, Persea oder 2. durch Verkümmerung ungleich ausfallen. So verkümmern bei den Labiaten und Orobancheen von 5, der Anlage nach vorhandenen, Staubfäden für Salvia regelmäſsig drei, für Orobanche nur einer; bei den Musaceen aber bilden sich von 6 der Anlage nach vorhandenen Staubblättern nur 5 zu Antheren aus (p. 294) und bei Mangifera wird von 5 Staubblättern nur eines ausgebildet (p. 305).

Wie wenig man aber für die Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Blüthe auf die Analogie vertrauen darf, beweisen die Orchideen. Während nämlich bei allen übrigen deutschen Gattungen dieser Familie die beiden ersten Blattkreise dreigliederig sind, ist bei Cypripedium Calceolus der erste Blattkreis schon ursprünglich zweigliederig und erst der folgende wird dreigliederig. Noch auffallender schwanken die Zahlenverhältnisse bei den Blüthen der Ficus-Arten, wo Ficus Carica und F. elastica eine 4blätterige Blüthenhülle, wie es scheint aus einem Blattkreis entstanden, und 4 Staubfäden besitzt, während Ficus stipulata

eine 4blätterige Blüthenhülle, aus zwei zweigliederigen Blattkreisen hervorgegangen, und zwei Staubfäden zeigt und Ficus comosa gar eine dreigliederige Blüthenhülle und nur einen Staubfaden besitzt (Fig. 320. p. 320). Für die Blüthenhülle der weiblichen Blüthe kehren bei den 3 genannten Feigenarten dieselben Zahlenverhältnisse wieder. Bei Ficus Carica erscheinen nicht selten auch Zwitterblüthen.

Mit der Annahme des Verkümmerns oder Fehlschlagens ist früher ein grofser Mifsbrauch getrieben worden; man bemühete sich alle Blüthen, zum wenigsten in ihrer Anlage, auf einen regelmäfsigen Plan zurückführen, benutzte dazu aber nicht immer den hier allein zuverlässigen Weg der Entwickelungsgeschichte, sondern folgerte häufig aus der Analogie mit verwandten regelmäfsigen Blüthen; oder nahm diejenigen Mifsbildungen, wo zum Beispiel eine normal unregelmäfsige Blüthe durch eine gleiche Ausbildung ihrer Theile wieder regelmäfsig geworden war, zu Hülfe. Solche Mifsbildungen können zwar an der Hand der Entwickelungsgeschichte sehr lehrreich werden; ohne die letztere darf man ihnen dagegen nicht zu viel vertrauen, da abnorme Zahlen- und Stellungsverhältnisse auch bei der regelmäfsigen Blüthe nicht selten vorkommen (p. 333) und die Mifsbildungen überhaupt immer nur als Fälle aufser der Regel betrachtet werden dürfen. Die Blüthe des Zuckerrohrs mag hier als Beispiel dienen. Dieselbe hat normal nur 3 Lodiculae, welche als zweiter Blattkreis der Grasblüthe den Blumenblättern entsprechen (Fig. 228). Die eine Lodicula (x), welche bei der Mehrzahl der Gräser nicht ausgebildet ist, erscheint hier länger und pfriemenförmig entwickelt. Nicht selten kommen aber auch 4 Lodiculae und zwar 2 kurze und 2 lange vor, worauf dann immer 4 Staubfäden folgen. Desgleichen

Fig. 228.



Fig. 228. Die Blüthe von Saccharum officinarum. I Grundrifs der Blüthe aus einem Querschnitt durch die junge Knospe, *a* das äufsere der Achse des Aehrchens abgewendete Blatt mit 2 Spitzen und 2 Gefäfsbündeln, das zweite Blatt, ihm gegenüberliegend, mit einfacher Spitze und centralem Gefäfsbündel,

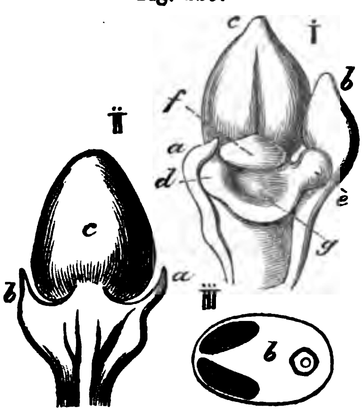
hat die normale Blüthe nur 2 Narben, häufig sind aber auch 3 Narben und gar nicht selten 4 Narben entwickelt, welche übrigens, so weit ich beobachtet habe, in diesem Falle immer zweien mit einander verwachsenen Fruchtknoten angehören und darum auch zwei Samenknospen besitzen.

Wenn die Glieder zweier aufeinander folgender Blattkreise nicht miteinander abwechseln, sondern einander vorgestellt erscheinen, so nahm man früher vielfach das Verkümmern oder Fehlschlagen eines dazwischen liegenden ganzen Blattkreises an. Nun zeigt aber die Entwickelungsgeschichte, in allen mir bekannten Fällen dieser Art, nirgends eine Spur eines der Anlage nach vorhandenen, aber später verkümmerten, dazwischen liegenden Blattkreises. Ich kann deshalb diese Ansicht nicht theilen, sowie ich überhaupt in der Regelmäfsigkeit der Blüthe kein durchgreifendes Gesetz zu erkennen vermag. Bei Manglesia und bei Alnus stehen nämlich die 4 Staubblätter den 4 Perigonblättern gegenüber; bei Rhamnus, bei Ceanothus, bei Celosia und Beta stehen wieder 5 Antheren den 5 Blumenblättern gleichfalls gegenüber; bei Ardisia excelsa wechseln 5 Kelchblätter mit ebenso vielen Blumenblättern ab, während die 5 Staubblätter den letzteren vorgestellt sind und doch ist in allen diesen Fällen von einem dazwischen liegenden verkümmerten Blattkreise nichts zu finden. Für Epimedium, wo die Glieder sämmtlicher 5 Blattkreise einander gegenüberstehen, fehlt mir leider die Entwickelungsgeschichte. Bei den Orchideen (mit Ausnahme von Cypripedium) darf man nach der Entwickelungsgeschichte 4 dreigliedrige Blattkreise annehmen; die beiden ersten Blattkreise sind vollzählig, sie bilden die sechsblättrige Blüthenhülle, von dem dritten Blattkreis wird dagegen normal nur 1 Staubfaden ausgebildet (bei Limodorum entwickeln sich bisweilen alle 3); die Glieder dieser 3 Blattkreise wechseln miteinander ab, dagegen stehen die 3 Narbenblätter, welche dem vierten Kreise angehören, den Staubblättern gegenüber. In der Regel gelangt nur eine

c das dritte Blatt, *b* gegenüberliegend mit 2 Spitzen und 2 Gefäfsbündeln, *dd* die beiden seitlichen Lodiculae, *x* die dritte Lodicula von pfriemenförmiger Gestalt, *e* eins der 3 Staubblätter, *f* die Anlage zum Fruchtknoten. II Die Blüthe so auseinandergelegt, dafs ihre Theile deutlich sichtbar sind; die 3 Blätter der Blüthenhülle sind abgelöst. (I ist 60mal und II 10mal vergröfsert.) Die 3 Blätter *a*, *b* u. *c* entsprechen 5 Blättern zweier 3gliederiger Blattkreise, deren sechstes Blatt nicht ausgebildet ist. (Ueber die Entwickelungsgeschichte der Blüthe des Zuckerrohrs werde ich nächstens ausführlicher reden.)

dieser Blattanlagen, und zwar diejenige, welche dem ausgebildeten Staubblatte vorgestellt ist, zur Ausbildung; wenn sich dagegen bei Limodorum 3 Antheren ausbilden, so gelangen auch 3 Narbenblätter zur Entfaltung; die seitlichen Antheren sind in diesem Falle meistens nur halb ausgebildet und deshalb nur zweifächerig; noch häufiger bildet sich nur das eine der seitlichen im normalen Falle unentwickelten Staubblätter zur zweifächerigen Anthere aus, wo alsdann auch das vor ihm liegende Narbenblatt zur Entfaltung gelangt (Fig. 229).

Fig. 229.



Während bei der Bildung des Fruchtknotens sowohl die Zahlen-, als danach auch die Stellungs-Verhältnisse, selbst in sonst regelmäfsigen Blüthen, von denen der vorhergehenden Blattkreise vielfach abweichen, ist dagegen die Zahl u. die Stellung der wandständigen Samenträger eines Fruchtknotens zu seinen Narben sehr constant und kenne ich bis jetzt nur eine Ausnahme. Die Zahl der wandständigen Samenträger entspricht immer der Zahl der Narben und ihre Stellung wechselt immer mit den Narben, nur die Cruciferen machen eine Ausnahme, indem die Scheidewand des Fruchtknotens hier aus der Mitte der beiden Fruchtblätter hervorgegangen ist, während in allen anderen Fällen die wandständigen Samenträger immer den einwärts geschlagenen Rändern der Fruchtblätter entsprechen, wobei selbst der unterständige Frucht-

Fig. 229. Limodorum abortivum. I Der Staubblatt- und der Narbenblattkreis der Blüthe von vorn gesehen; *a* und *b* die beiden seitlichen Blätter des Staubblattkreises, welche normal nicht zur Ausbildung kommen, sondern wie bei *a* verbleiben, während *b* im vorliegenden Falle eine halbe (zweifächerige) Anthere (III) gebildet hat; *c* die normal immer ausgebildete, vollkommene (vierfächerige) Anthere, *d* und *e* die beiden seitlichen Narbenblätter, welche normal als kleine Warzen wie bei *d* verbleiben, während sich bei *e* das Narbenblatt mehr entwickelt hat, *f* das normal immer ausgebildete Narbenblatt, *g* die secernirende Oberfläche des Grundtheils der Narbe. II Die 3 Staubblätter bei normaler Ausbildung in der Rückenansicht. III Querdurchschnitt der Anthere I*b*. (I und II 6mal, III 8mal vergröfsert.)

knoten **keine** Ausnahme macht. Als Beispiele die Cupuliferen, die Betulineen, die Ulmaceen, die Onagrarieen, die Cucurbitaceen, die Monotropeen, die Pyrolaceen, die Orchideen, und sogar Opuntia, weshalb ich auch die **wandständigen** Samenträger, deren Abhängigkeit von den Blattorganen, welche die Narben bildeten, unverkennbar ist, nicht als Stammorgane, sondern als dem Blatte verwandte Gebilde betrachten mufs (p. 319), welche Ansicht durch den Fruchtknoten von Pereskia unterstützt wird. Bei P. aculeata besteht nämlich der Fruchtknoten aus einem besonderen Gebilde, welches wahrscheinlich einem einzigen Fruchtblatte entspricht und nur einen oder zwei Samen umschliefst, selbst aber von dem Gewebe des Stammtheils, das bei Opuntia die Fruchtknotenwandung bildet, umschlossen wird. Hier ist der Blattfruchtknoten von dem äufseren Theile, der dem Stamme angehört, getrennt, bei Opuntia dagegen sind beide miteinander verbunden.

In vielen Fällen ist auch die Zahl der Theile in der Blüthe überhaupt für dieselbe Pflanze nicht constant, so zeigen die seitenständigen Blüthen von Monotropa viergliedrige Blattkreise, während die endständige Blüthe in der Regel fünfgliedrige Kreise besitzt; bei Adoxa moschatellina sind umgekehrt die Seitenblüthen fünfgliedrig und die Endblüthe ist viergliedrig, bei den Laurineen (Persea indica) sind dreigliedrige Blüthen normal, aber viergliedrige nicht selten; ebenso hat die männliche Blüthe von Ficus stipulata normal zweigliedrige, nicht selten aber auch dreigliedrige Blattkreise. Der Fruchtknoten der Eiche hat in der Regel 3, häufig jedoch nur 2 Narben und in diesem Falle nur 2 wandständige Samenträger; bei der ächten Kastanie kommen 3 bis 7 Narben und dem entsprechend ebenso viele Samenträger vor. Die Zahl der Antheren wechselt gleichfalls sowohl in der männlichen Blüthe der Eiche als auch der Buche, es finden sich 5—15 Staubblätter. Die männliche Blüthe von Colocasia antiquorum besteht aus 2, häufiger aus 3 miteinander verbundenen Staubblättern; die weibliche Blüthe aber, als nackter Fruchtknoten, läfst nach der Zahl ihrer wandständigen Samenträger eine Entstehung aus 3, aber auch aus 4 und 5 Fruchtblättern erkennen. Die männliche Blüthe von Pandanus odoratissimus endlich besteht aus einer Blüthenachse, um welche Staubfäden in unbestimmter Zahl versammelt sind.

Man hat die Zahl und die regelmäfsige Stellung der Blattorgane in der Blüthe, wie überhaupt am Stamme, bisweilen durch die An-

ordnung und den Verlauf der Gefäfsbündel zu erklären versucht, was allerdings für manche Fälle einzutreffen scheint, wogegen aber zu bedenken ist, dafs 1. auch bei Pflanzen, welchen die Gefäfsbündel fehlen, eine sehr regelmäfsige Stellung der Blätter vorhanden ist, z. B. bei den Lebermoosen, und 2. dafs sogar Pflanzen, deren Blattstellung an den vegetativen Zweigen so einfach und constant wie nur möglich ist, z. B. Arceuthobium Oxycedri, in der Blüthe von der bis dahin befolgten Regel abweichen. Bei Arceuthobium trägt nämlich jedes vegetative Stengelglied 2 gegenständige schuppenartige Blätter (Fig. 147. p. 129) mit einem einzigen Gefäfsbündel, und wechseln die beiden Blätter in den sich folgenden Stengelgliedern miteinander ab; die männliche Blüthe dagegen besteht aus 3 Staubblättern und jedes derselben hat sein Gefäfsbündel (Fig. 204. p. 299). Wäre der regelmäfsige Verlauf der Gefäfsbündel wirklich die Ursache der Blattstellung, so müfste die männliche Blüthe hier 2, aber nicht 3 Staubblätter besitzen. Ich möchte deshalb umgekehrt vermuthen, dafs die Weise, nach welcher unter dem Vegetationskegel die Blattanlagen entstehen, für den Verlauf der Gefäfsbündel bedingend ist, indem das Gefäfsbündel, durch das jugendliche Gewebe der Blattanlage ernährt, derselben zu folgen gezwungen wird. Worin aber gesetzmäfsig die Ursache einer regelmäfsigen Stellung der Blattanfänge unter dem Vegetationskegel zu suchen ist, vermag unsere jetzige Wissenschaft noch nicht zu erklären.

Ob man die Blattkreise einer Blüthe als wirkliche Wirtel, wo alle Blätter eines Kreises miteinander auf durchaus gleicher Höhe stehen, betrachten will, oder ob man in einigen Fällen in jedem Blattkreis die Windung einer unterdrückten Spirale zu sehen beliebt, ist ziemlich gleichgültig und für manche Fälle kaum zu entscheiden. — Bei Pflanzen, deren Laubblätter immer in Wirteln stehen, z. B. bei Viscum, Arceuthobium, ferner bei den Rubiaceen u. s. w., mufs ich auch den Blattkreis der Blüthe als wahre Wirtel betrachten, dagegen mag in anderen Fällen, wo die Laubblätter spiralig am Stamme auftreten, auch in der Blüthe die Annahme einer Spirale mit dicht aufeinander liegenden Windungen zu vertheidigen sein und in der Blätterlage zu einander, desgleichen durch mancherlei Mifsbildungen eine Stütze finden.

Während in allen übrigen mir bekannten Fällen die Theile eines jeden Blattkreises ihrer Bedeutung nach einander gleich sind und nur

hier und da, bei den unregelmäfsigen Blüthen, der eine oder andere Theil entweder weniger entwickelt wird oder gar nicht zur Ausbildung gelangt, lernen wir in der Blüthe von Canna einen Fall kennen, wo die Theile desselben Blattkreises von durchaus verschiedenem Werthe erscheinen.

Die Blüthe von Canna hat nämlich 4 dreigliederige Blattkreise, welche mit einander alterniren; die Theile der 3 ersten Blattkreise sind gleichartig ausgebildet; der erste Kreis wird häufig als Kelch, die beiden folgenden dagegen werden als doppelte Blumenkrone beschrieben. Der letzte Blattkreis besteht aus einem blumenblattartig entwickelten Blatte, das bei einigen Arten lippenartig hervortritt, bei anderen dagegen fehlen kann; das zweite Blatt wird zum Staubblatt, welches aber nur an einer Seite einen zweifächerigen Staubbeutel trägt, an der anderen Seite dagegen blumenblattartig verbleibt; das letzte Blatt endlich wird zum Staubweg, die Spitze desselben vertritt die Stelle der Narbe, der Staubwegcanal liegt ganz nach der einen Seite hin, er führt als einfache Röhre in den dreifächerigen Fruchtknoten (Fig. 230) [1].

Fig. 230.



Aufser den soeben besprochenen Zahlen- und Stellungs - Verhältnisse sind noch die sogenannten Verwachsungen einzelner Theile oder mehrerer Blattkreise mit einander zu betrachten. Durch dieselben, sowie durch eine ungleiche Ausbildung der Theile eines Blattkreises, kann

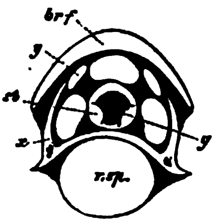
Fig. 230. Canna Spec. ɪ Querdurchschnitt durch eine halb ausgebildete Blüthenknospe, *1—3* die Blätter des äufseren Kreises, *4—6* die Blätter des inneren Kreises der Blumenkrone, *7—9* die Blätter des letzten Blattkreises der Blüthe; *7* ist blumenblattartig ausgebildet und tritt in der offenen Blüthe lippenartig hervor; *8* ist zum Staubblatt mit einer zweifächerigen (halben) Anthere geworden, während die andere Hälfte des Blattes blumenblattartig geblieben ist; *9* bildet den Staubweg, mit seitlich gelegenem Staubwegcanal. (Vergröfserung 15mal.) ɪɪ Das Staubblatt und der Staubweg einer solchen Knospe isolirt.

---

[1]) Schleiden hat eine Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Canna gegeben. Grundzüge Taf. II. Fig. 12—20.

eine der Anlage nach regelmäßige Blüthe unregelmäßig werden. Wie ich schon früher bemerkt habe, findet in diesem Falle nur gar selten eine wirkliche Verwachsung statt, es unterbleibt vielmehr frühzeitig eine Trennung der Theile. Das zweinervige, dem ersten Blattkreise angehörige Blattorgan der Grasblüthe, die Palea superior der Autoren, entsteht z. B. aus 2 Blattanlagen, welche nur an der Spitze getrennt sind, sich später aber als ein Ganzes aus dem Blüthengrund hervorgeschoben haben (Fig. 231). Die beiden seitlichen, tief getheilten Blumenblätter der Balsamine entsprechen ebenfalls je 2 Blumenblättern, welche in derselben Weise später ungetrennt hervorgeschoben wurden (Fig. 192. p. 289). Die nicht getrennt-blätterige Blumenkrone, die Corolla gamopetala überhaupt, hat sich gleichfalls, nachdem ihr getheilter Rand angelegt war, als Röhre erhoben, ja sie trägt häufig (bei den Borragineen) noch die Staubfäden (Fig. 195. p. 294), welche in einer bestimmten Höhe aus der Blüthenröhre hervorzugehen scheinen. Ursprünglich stehen diese Staubblätter, wie überall, auf dem Blüthengrunde, sie werden erst später durch die Bildung der Blüthenröhre mit emporgehoben.

Fig. 231.



Auch bei Oenothera (Fig. 189. p. 285), desgleichen bei Arachis hypogaea, entstehen der Kelch, die Blumenkrone und der doppelte Kreis der Staubblätter auf dem Blüthengrunde, später erhebt sich aber der Theil, welcher diese 4 Blattkreise trägt, zu einer langen Röhre und, was unmittelbar auf dem Blüthengrunde angelegt wurde, steht später hoch über demselben. Bei den Orchideen, wo die Anthere auf, ja bisweilen scheinbar sogar über der Narbe liegt, entsteht sie ursprünglich unter derselben, sie wird erst mit dem Staubweg emporgehoben. Bei Stylidium, wo 2 Antheren auf der Narbe sitzen, welche von einem langen Staubweg getragen wird, lehrt die Entwickelungsgeschichte dasselbe; die Antheren werden auch hier erst durch die Verlängerung des Staubwegs mit emporgehoben (p. 322).

Fig. 231. Schematischer Grundriſs der Grasblüthe von Agropyrum. *rsp* die Spindel der Spicula, *brf* das Deckblatt (palea inferior), *x* die Palea superior, aus zwei Blattanlagen hervorgegangen, *y* die Lodiculae, *st* die Narben, *g* die Samenknospe. Holcus saccharatus hat zwei vollzählige Kelchkreise und 3 Lodiculae; bei Saccharum fehlt das einfache Blatt des inneren Kelchkreises.

Eine ungleiche Ausbildung getrennter Blüthentheile sehen wir bei den Orchideen, wo ein Blatt des zweiten Kreises zur Lippe wird, welche häufig nach der anderen Seite hin noch einen Sporn entwickelt (Fig. 193. p. 293), ferner bei Aconitum, bei Delphinium [1]) u. s. w. Durch eine ungleiche Ausbildung nicht getrennter Blüthentheile entsteht ebenfalls die sogenannte lippenförmige oder rachenförmige Blumenkrone der Personaten, bei welcher nicht selten, z. B. bei Linaria, nach der einen Seite, demnach für ein bestimmtes Blumenblatt, noch überdies die Bildung eines Sporns auftritt. Die ungleiche Länge des Staubfädenträgers ist bei diesen Blüthen und bei den Cruciferen gleichfalls zu berücksichtigen; Linné erhob sie bekanntlich zum Charakter seiner 14ten und 15ten Klasse.

Die sogenannten gefüllten Blüthen gehören, streng genommen, unter die Rubrik der Monstrositäten; es sind nämlich Blüthen, welche von ihrem normalen Bau abgewichen sind, und zwar so, dafs bestimmte Blattkreise der Blüthe, welche normal nicht als Blumenblätter ausgebildet werden, hier als solche verwerthet sind. In der Regel entstehen die gefüllten Blüthen auf Kosten der Staubblätter, seltener durch Vermehrung der Blattkreise. Derjenige Blattkreis, welcher normal Antheren ausbilden müfste, wird dann als zweiter Blumenblattkreis entfaltet. Besitzt nun eine Blüthe nur einen einzigen Staubblattkreis, so fehlen in solchem Falle die Antheren gänzlich, und die Blüthe ist, wenn sie nicht durch eine andere normal entwickelte Blüthe derselben Art bestäubt wird, unfruchtbar. In selteneren Fällen werden auch Fruchtblätter, welche normal ebenso viele einfächerige Fruchtknoten bilden müfsten, blumenblattartig entfaltet. Bei einer Ranunculus-Art sah ich diese Mifsbildung; die normal entwickelten einzelnen Fruchtknoten waren von einem Kranze blumenblattartiger Blättchen umgeben, während die eigentliche Blumenkrone durch die vorhandenen Staubfäden von dieser inneren Blumenkrone getrennt wurde. Umgekehrt ist der Uebergang der Staubblätter in Fruchtblätter, in seltenen Fällen, und zwar für den Mohn, bekannt [2]).

---

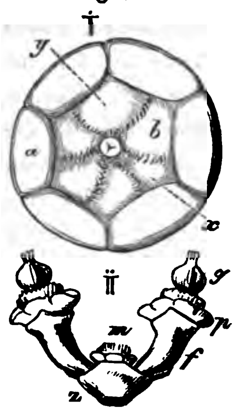
1) A. Braun, über den Blüthenbau der Gattung Delphinium. Pringsheim's Journal Bd. I.

2) v. Mohl, Umwandelung der Anthere in Carpelle. v. Mohl's vermischte Schriften p. 28. — Klotzsch, Umwandelung des Carpells in ein Staubgefäfs. Bot. Zeit. 1846. p. 889. — Göppert, über metamorphosirte Mohnköpfe. Bot. Zeit. 1850. p. 664. — v. Schlechtendal, über Mifsbildungen der Frucht von Papaver. Bot. Zeit. 1845. p. 6. u. s. w.

Sowohl Kelch als Blumenkrone können fehlen, z. B. bei der männlichen und weiblichen Blüthe von Colocasia (Fig. 201. p. 297), desgleichen bei der männlichen Blüthe von Pandanus, ferner bei der Zwitterblüthe von Hippuris und Fraxinus excelsior, wogegen die Zwitterblüthe von Fraxinus Ornus sowohl einen Kelch als auch eine Blumenkrone besitzt.

Die Zwitterblüthe wird oftmals durch Verkümmerung ihrer Staubfäden zur weiblichen, oder durch Verkümmerung ihres Fruchtknotens zur männlichen Blüthe; bei gewissen Pflanzen dagegen sind getrennte Geschlechter constant. Die beiden ersten Blüthen der Spicula von Agropyrum giganteum haben in der Regel keine Anthere, die Mehrzahl der Blüthen von Carica Papaya hat keinen Fruchtknoten[1]); bei Ficus Carica kommen männliche und weibliche Blüthen, aber auch Zwitterblüthen in demselben Blüthenstande vor (p. 320). Bei Musa sapientum, M. paradisiaca u. s. w. nimmt die Ausbildung des unterständigen Fruchtknotens an demselben Blüthenstand mehr und mehr ab und unterbleibt zuletzt gänzlich. Bei Euphorbia canariensis steht dagegen constant eine männliche Blüthe zwischen zwei Zwitterblüthen (Fig. 232).

Fig. 232.



Die Lage der äufseren Blüthentheile, d. h. des Kelches und der Blumenkrone, zu einander in der ihrem Aufbrechen nahen Blüthenknospe wird Aestivatio oder Praefloratio genannt. Dieselbe richtet sich einestheils nach der Zahl und Stellung der vorhandenen Blattorgane und anderentheils nach dem Raum, den selbige in der geschlossenen Knospe finden, es kommen somit hier dieselben

Fig. 232. Euphorbia canariensis. I Eine der Seitenblüthen von oben gesehen, *a* die 6 Blattorgane des ersten Blüthenhüllkreises mit einer Aestivatio valvata, *b* die 6 Blattorgane des zweiten Kreises, bei welchem das Blatt *x* an beiden Rändern bedeckt, das Blatt *y* dagegen mit beiden Rändern frei liegt, während die 4 anderen einen freien und einen bedeckten Rand zeigen. II Der Blüthenstand der kurzen Achse *z*, welche eine männliche Mittelblüthe (*m*) und zwei seitliche Zwitterblüthen trägt; die Mittelblüthe erhebt sich nicht, die Achse (*f*) der beiden Seitenblüthen dagegen steigt empor, *p* der Rand der Blüthenhülle, *g* der Fruchtknoten, welcher über dieselbe hervortritt. (I 6mal vergröfsert.)

[1]) Bei Carica cauliflora habe ich nur weibliche Blüthen gesehen.

Bedingungen vor, welche wir bereits für die Laubknospe (p. 124) näher betrachtet haben. Für die Blüthenknospe unterscheidet man nun insbesondere folgende Arten der Knospenlage:

1. Aestivatio valvata, wenn sich die Ränder berühren ohne sich zu decken; der äufsere Blattkreis von Ophrys, Himantoglossum (Fig. 193. p. 293), Gymnadenia, Corallorhiza, Epipogum, die beiden Blattkreise des Perigons von Curculigo und Gladiolus, der Kelch und die Blumenkrone von Oreodaphne, Persea (Fig. 210. p. 303) und Anona squamosa, der Kelch von Ceanothus (Taf. IX. Fig. 39) und Oenothera (Fig. 189. p. 285), die Staubblätter von Arceuthobium (Fig. 204. p. 299).

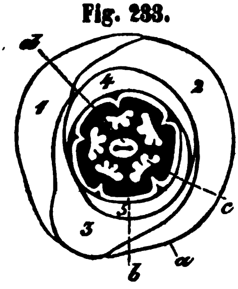
2. A. imbricata[1]), wenn jedes Blatt mit seinem äufseren Rande das Nachbarblatt bedeckt; die Blumenkrone von Erica und der Kelch von Ardisia excelsa u. s. w.

3. A. contorta, eine gedrehte Form der vorhergehenden Knospenlage; die Blumenkrone von Coffea, Carica cauliflora (Fig. 190. p. 287), desgleichen bei Gossypium und den Gentianeen.

4. A. plicativa, wenn sich der Rand der Blätter, aus Mangel an Raum in der Knospe, nach Innen faltet (danach eigentlich nur eine bestimmte Form der A. valvata oder A. imbricata); die Blumenkrone von Solanum, Datura, Convolvulus. (Fig. 233.)

5. A. corrugativa, wenn die Blätter, aus Mangel an Raum in der Knospe, unregelmäfsig zerknittert liegen; die Blumenkrone von Euthales, Papaver und Chelidonium.

Fig. 233.



6. A. quincuncialis[2]), wenn 5 Blätter so liegen, dafs zwischen 2 äufseren ganz unbedeckten und zwei inneren ganz bedeckten, ein fünftes so eingeschoben ist, dafs es mit seinem Rande eines der inneren Blätter deckt, an der anderen Seite aber von einem äufseren Blatte selbst gedeckt wird. Kelch und Blumenkrone von Ranunculus, Paeonia, Visnea und Clethra; der Kelch von Convolvulus Batatas (Fig. 233), der Kelch von Mangifera indica.

Fig. 233. Convolvulus Batatas. Querschnitt durch die junge Blüthenknospe, *a* der Kreis der Kelchblätter, welche eine Aestivatio quincuncialis besitzen (*1—5*),

[1]) Gleichbedeutend mit der Foliatio semiamplexa (p. 126). Andere (Le Maout) beschreiben die A. imbricata mit 1 inneren, 1 äufseren und 3 dazwischen liegenden Blättern.

[2]) Diese Knospenlage deutet auf eine $\frac{2}{5}$-Stellung im scheinbaren Blattwirtel; die A. valvata läfst keine Spirale vermuthen.

Es liefsen sich zwar noch andere Formen der Knospenlage aufstellen, wie dies auch zum Theil geschehen ist, da wir uns hier aber nicht mit der speciellen Morphologie, vielmehr nur mit den allgemeinsten Formen und deren Ableitung aus der Entwickelungsgeschichte beschäftigen, so mögen die gegebenen Typen ausreichen. Uebergänge aus der einen Form in die andere sind sehr häufig; so steht der Kelch der Ardisia eigentlich zwischen der A. valvata und imbricata. Aufserdem hat der Kelch oftmals eine andere Knospenlage als die Blumenkrone, woran bei unregelmäfsigen Blüthen, z. B. bei den Orchideen, die ungleiche Ausbildung der betreffenden Theile Schuld ist (Himantoglossum, Fig. 193. p. 293); bei regelmäfsigen Blüthen aber vielfach die Beschränkung des Raumes für die Ausbildung der Theile der Blumenkrone als Ursache bezeichnet werden darf, was für die A. plicativa und A. corrugativa Geltung hat. Aber auch abgesehen von diesen Verhältnissen scheinen zweierlei schon durch die Art ihres Entstehens bedingte Stellungsverhältnisse in derselben Blüthe vorzukommen, indem bei Mangifera indica der Kelch eine A. quincuncialis zeigt, während die Blumenkrone ein inneres ganz gedecktes und ein äufseres ganz unbedecktes, daneben aber 3 Blumenblätter besitzt, welche mit dem einen Rande decken, während der andere Rand selbst gedeckt wird, was bei dem Kelch von Tropaeolum in ähnlicher Weise wiederkehrt. (Man vergl. auch Euphorb. can. Fig. 242. p. 338.)

Der Blüthenstand (inflorescentia).

§. 75. Verhältnifsmäfsig selten entsteht nur eine Blüthe am Ende eines Zweiges, mit welcher alsdann, da die Endknospe zur Blüthe geworden, die Vegetation desselben abschliefst (flos solitarius terminalis), bei Paris quadrifolia, Tulipa, Pyrola uniflora. Schon häufiger erscheinen eine oder mehrere Blüthen in der Achsel eines gewöhnlichen Laubblattes (flores solitarii axillares), bei Viola, Malva, Lavatera, Visnea Mocanera, Arachis hypogaea, Psidium pomiferum, Opuntia. In der Regel aber drängen sich an einem Zweige zahlreiche Blüthen zusammen, wobei die Blätter, aus deren Achseln sie hervortreten, wenn solche überhaupt vorhanden sind, in der Gestalt und oftmals auch in der Färbung von den Blättern, welche keine Blüthen schützen, verschieden auftreten. Die schützenden Blätter der Blüthen werden

b der Kreis der Blumenblätter mit einer Aestivatio plicativa, *c* der Kreis der Staubblätter, *d* die Anlage des Fruchtknotens. (Vergröfserung 16mal.)

Blüthendeckblätter (bracteae), auch Hochblätter, die Vereinigung zahlreicher Blüthen an einem Zweige aber wird Blüthenstand (inflorescentia) genannt. Wenn ein grofses Blatt den letzteren umhüllt, so wird dasselbe als Blüthenscheide (Spatha)[1]) bezeichnet. Die verschiedenen Formen des Blüthenstandes werden durch die Art der Verzweigung bedingt und kann man zunächst einfache und zusammengesetzte Blüthenstände unterscheiden. Einfach ist ein Blüthenstand, wenn nur eine Hauptachse, welche Spindel (rachis) genannt wird, vorhanden ist, an welcher die Blüthen, kurz oder lang gestielt, auftreten; zusammengesetzt dagegen, wenn sich die Hauptachse durch Bildung von Seitenachsen verzweigt hat und die letzteren, aber nicht selten auch das unverzweigte Ende der Hauptachse, die Blüthen tragen. Bei dem einfachen Blüthenstande nun kann die Hauptachse kurze oder lange Stengelglieder bilden, sie kann auch eine flächenförmige oder becherförmige Gestalt annehmen, desgleichen können die Stiele der einzelnen Blüthen, welche man pedicelli nennt, kurz erscheinen, so dafs die Blüthe sitzend wird (flos sessilis) oder sich verlängern, wodurch wir eine gestielte Blüthe (flos pedunculatus) erhalten. Das Verhalten der Hauptachse und der Blüthenstiele zu einander bedingt die Grundformen der einfachen Blüthenstände, aus diesen aber lassen sich wieder die zusammengesetzten Blüthenstände durch Wiederholung des für die einfachen Formen Geltenden ableiten.

Die 4 Grundformen der einfachen Blüthenstände sind: 1. das Köpfchen (capitulum), 2. die Dolde (umbella), 3. die Aehre (spica) und 4. die Traube (racemus). Beim Köpfchen und bei der Dolde sind die Stengelglieder der Hauptachse verkürzt, bei der Aehre und Traube sind sie verlängert; beim Köpfchen und bei der Aehre sind die Stiele der Einzelblüthe verkürzt, bei der Dolde und Traube sind sie verlängert (Fig. 234).

1. Das Köpfchen ist ein Blüthenstand mit sehr verkürzten Stengelgliedern, desgleichen mit kurzgestielten oder sitzenden Blüthen. Wenn die Achse mit verkürzten Stengelgliedern hier kugelig anschwillt, so sind die sitzenden Blüthen im ganzen Umkreis dieser Kugel versammelt (*e*), beim weiblichen Blüthenstand von Pandanus odoratissimus und bei Trifolium pratense. Wenn sie dagegen flach oder kegelförmig gewölbt

[1]) Mit tadelnswerther Inconsequenz hat man nicht selten diesen Ausdruck auch für das Schutzblatt der Einzelblüthe, z. B. bei Narcissus, Galanthus, Iris u. s. w. angewendet.

erscheint (*f*), so erhalten wir den Blüthenstand der Compositen und Dipsaceen, den man **calathidium** auch **anthodium** genannt hat, wo viele sitzende Einzelblüthen auf einem **gemeinsamen Blüthenboden** (receptaculum commune) versammelt sind und von einem aus mehreren Blattkreisen oder Blattspiralen gebildeten **gemeinsamen Hüllkelch** (calyx communis, involucrum commune) umgeben werden. Bei den Dipsaceen erscheinen darauf, indem der Kegel der Hauptachse immer länger wird, mit Dipsacus Fullonum, die Uebergänge vom Köpfchen zur Aehre. Wenn dagegen die Blüthenachse sich flächenartig ausbreitet, so erhalten wir den Blüthenstand der Dorstenia, wo die Einzelblüthen auf einem flächenartigen Receptaculum commune stehen, und von diesem ist nur ein Schritt zum becherförmigen Fruchtstand der Feige (Fig. 235), welche das Involucrum commune an der Mündung des

Fig. 234.

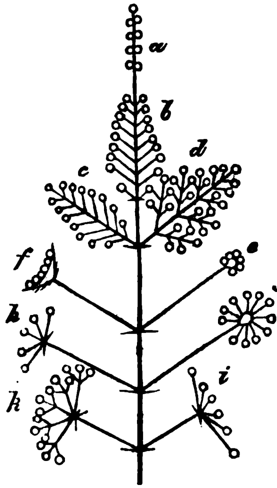


Fig. 235.

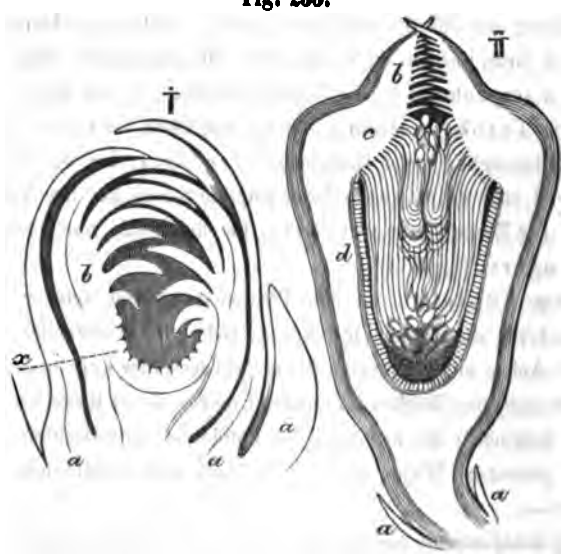


Fig. 234. Die Hauptformen der Blüthenstände, schematisch, *a* die Aehre (spica), *b* die Traube (racemus simplex), *c* die einfach zusammengesetzte Traube,

Bechers trägt. Man hat die beiden letzten Formen coenanthium auch hypanthodium genannt[1]). Bei Ficus Carica sind sowohl männliche als weibliche Blüthen ungestielt, bei Ficus stipulata dagegen wachsen die am inneren Rande des becherförmigen Fruchtstandes sitzenden männlichen Blüthen durch Verlängerung ihrer anfangs kurzen Blüthenstiele bis zum Grunde des Bechers hinab (Fig. 235. II.). In derselben Familie (bei den Urticeen) haben wir das Köpfchen (bei Urtica pilulifera und Morus) und die beiden zuletzt besprochenen Blüthenstände von Dorstenia und Ficus.

2. Die Dolde (umbella); die Hauptachse mit verkürzten Stengelgliedern, aber mit langgestielten Blüthen; die langen Blüthenstiele gehen gewissermafsen strahlenartig von einem Punkte aus. Wenn die Hauptachse hier, wie bei der Grundform des Köpfchens, kugelförmig ist und die Blüthenstiele sämmtlich eine gleiche Länge besitzen, so entsteht ein kugelförmiger Blüthenstand (*g*), die Umbella globosa vieler Allium-Arten. Wenn dagegen die Hauptachse, dem Blüthenstand der Compositen und Dipsaceen ähnlich, nur nach der oberen Seite Blüthen entwickelt, so erscheint die schirmför-

d die doppelt zusammengesetzte Traube, *e* das Köpfchen (capitulum), *f* der Blüthenstand der Compositen, *g* die Kugeldolde (umbella globosa), *h* die Dolde (umbella), *i* die Form der Dolde mit flacher Oberfläche, *k* die zusammengesetzte Dolde.

Fig. 235. Der Blüthenstand der Feige. I Längsschnitt durch die noch sehr junge Anlage desselben von Ficus Carica, *a, a, a* Knospendeckblätter, unter deren Schutz sich die erste Anlage der Feige in der Achsel eines Blattes bildet, *b* die Blätter des jungen Blüthenstandes, in deren Achseln keine Blüthen entstehen und welche später die Mündung der Feige verschliefsen, *x* die Anlage derjenigen Blätter, in deren Achseln darauf die Blüthen erscheinen. (25mal vergröfsert.) II Längsschnitt durch eine halbreife Feige von Ficus stipulata, *c* die Region, welche männliche Blüthen bildet; die weiblichen Blüthen (*d*) sitzen im ganzen Umkreis der Höhle.

---

[1]) Die junge Feige entsteht aus einer Achselknospe. Zuerst werden an einer kegelförmigen Achse die Blätter gebildet, welche später an der Mündung des Fruchtstandes stehen (*b*) und ihrer Entwickelungsgeschichte nach durchaus dem Involucrum commune entsprechen, darauf vertieft sich allmälig die Spitze der Blüthenachse und in der Vertiefung entstehen die einzelnen Blüthen, und zwar, wie es scheint, vom Rande des Bechers zur Mitte, so dafs in seinem Grunde die jüngsten Blüthen sitzen (?). Es ist demnach die hier und da verbreitete Ansicht, nach welcher der Blüthenstand von Ficus und Dorstenia durch Verschmelzung der Verzweigungen einer Trugdolde entstehen soll, eine durchaus irrige Vorstellung.

mige Dolde (*h*) (bei Butomus umbellatus), deren Gestalt wieder von der relativen Länge der Blüthenstiele zu einander abhängt, so dafs bei gleicher Länge der Blüthenstiele die Oberfläche einem Kugelabschnitt, bei vorwaltender Länge für die Randblüthen aber einer Fläche entspricht (*i*). Wenn statt der Blüthenstiele Seitenachsen strahlenartig von einem Punkte der Hauptachse ausgehen und ihrerseits Blüthendolden bilden (*k*), so erscheint die zusammengesetzte Dolde (Umbella composita); bei Foeniculum, Heracleum. Die Stützblätter der Seitenachsen entsprechen hier dem Involucrum commune der Compositen und Dipsaceen; jede besondere Dolde wird Umbella partialis oder umbellula genannt. Für die zusammengesetzte Dolde wiederholen sich nun dieselben Verhältnisse. Auch ihre Oberfläche kann nach der Art der Verlängerung der Seitenachsen und der Blüthenstiele kugelig, halbkugelig und flächenförmig erscheinen. Wenn sich dagegen die Hauptachse, mit oder ohne Bildung von Seitenachsen, etwas erhebt, so dafs die Blüthenstiele oder Seitenachsen nicht mehr von einem Punkte ausgehen, so erhalten wir die Trugdolde (cyma), welche sich durch die Entfaltung ihrer Blüthen von der Gipfelblüthe aus zum Rande (centrifugales Aufblühen), bei Viburnum Opulus, Sambucus nigra, Euphorbia Lathyris, von der Doldentraube (corymbus) unterscheidet, bei Iberis umbellata und Spiraea ulmifolia. — Diese beiden Formen vermitteln den Uebergang von der Dolde zur Traube.

3. Die Aehre (spica), ein Blüthenstand mit verlängerten Stengelgliedern der Hauptachse und sitzenden oder sehr kurz gestielten Blüthen (*a*). Als einfache Aehre (spica simplex) bei Habenaria, Spiranthes, Orchis, Lavendula, ferner bei Acorus, Arum, Colocasia [1]), desgleichen als männlicher und weiblicher Blüthenstand von Salix, Populus, Betula, Carpinus, Corylus, Alnus, und als männlicher Blüthenstand bei Quercus, Fagus, Castanea und Juglans [2]). Ferner als männlicher (?) und weiblicher

[1]) Die Benennung Spadix für den Blüthenstand der Aroideen und Thyphaceen, weil die Hauptachse fleischig geworden und von einem gemeinsamen Hüllblatt (spatha) umschlossen ist, erscheint mir sehr überflüssig, zumal da man dieselbe auch auf den weiblichen Blüthenstand von Zea Majs und die verzweigten Blüthenstände der Palmen angewendet hat. Bei Acorus stehen Zwitterblüthen, bei Calla, Arum und Colocasia dagegen männliche und weibliche Blüthen getrennt in besonderen Zonen an der Hauptachse, welche oftmals keulenförmig ohne Blüthen endigt.

[2]) Die Bezeichnung Kätzchen (Amentum) für diese Blüthenstände ist höchst überflüssig, da sie sich in gar nichts von der Grundform der Aehre unterscheiden.

Blüthenstand der Abietineen (Fig. 236), Cupressineen (Fig. 237), der Araucaria und Zamia, desgleichen als männlicher Blüthenstand bei den Taxineen [1]). Auch die Ananas hat einen ährenförmigen Blüthenstand, wo die Endknospe jedoch nicht zur Blüthe geworden ist, sondern als Blatttrieb weiter wächst, was bisweilen auch am Zapfen der Lerche

Fig. 236.

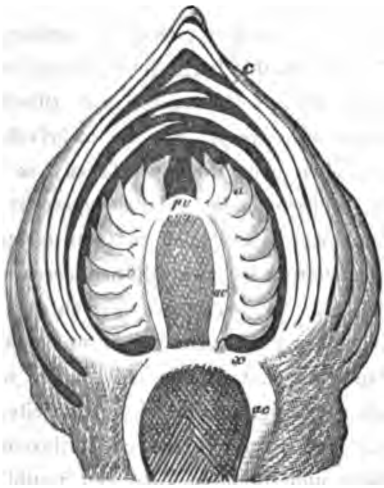


Fig. 237.



Fig. 236. Längsschnitt durch die Antherenknospe (männliche Knospe) der Fichte vom 9. September 1852. Die Anlage der weiblichen Blüthe hat bereits ihre Blätter (*a*) als Antheren verwerthet, dieselben sind auf dem Querschnitt schon zweifächerig; *c* die braungefärbten Knospenschuppen, unter deren Schutz die männliche Blüthe überwintert, *pv* der Vegetationspunkt der Blüthenanlage, *x* das Gewebe, welches im Mark die Grenze zwischen dem Stengelglied des vorigen Jahres und der Blüthe bildet, *ac* der Cambiumring, *f* die Anlage des Stielchens der Blüthe. (Vergröſserung 25 mal.)

Fig. 237. Cupressus horizontalis. Ein Längsschnitt durch die Mitte des männlichen Blüthenstandes. *pv* Der Vegetationskegel des Blüthenstandes, *a* das schildförmige Ende des Staubblattes, *b* der Staubblattträger, an dem die Pollensäcke (*c*) hängen, *f* schuppenförmige Blätter an der Basis des Blüthenstandes. (Vergröſserung 12 mal.)

---

[1]) Der Zapfen (Strobilus, conus) der Nadelhölzer ist nichts anderes als eine Aehre, bei welcher nach der Befruchtung zum Blüthenstande gehörige Theile verholzen; dasselbe gilt für den weiblichen Blüthenstand von Alnus. Die männlichen Blüthenstände sowohl der Amentaceen als der Coniferen fallen nach der Blüthe ab. Der Blüthenstand von Cycas entspricht einem zusammengesetzten Blatte, welches im unteren Theile statt der Fiederblätter nackte Samenknospen trägt (Fig. 225. p. 324).

und am männlichen Blüthenstand der Araucaria vorkommt. Als zusammengesetzte Aehre (spica composita), wo neben der Hauptachse noch Seitenachsen entstehen, welche entweder kurz bleiben und wenig Blüthen tragen, bei Triticum, Secale, Hordeum, Zea, wo jedes Seitenährchen Spicula genannt wird; oder es bilden sich zuerst, entweder nach der Weise der Dolde von einem Punkte ausgehend, lange Seitenachsen, welche ihrerseits einfache oder zusammengesetzte Aehren bilden, bei Digitaria; oder es entstehen an einer Hauptachse mit verlängerten Stengelgliedern, nach der Weise der Traube, lange Seitenachsen, welche entweder einfach bleibend oder sich wieder verzweigend zuletzt als Aehren auftreten; bei Saccharum officinarum, wo die mehrfach verzweigten Seitenachsen sich von oben nach unten entfalten, so dafs, wenn die oberen Zweige des Blüthenstandes schon wagerecht ausgebreitet sind, die unteren noch einem Besen gleich zusammengelegt erscheinen. Jedes Aehrchen von Saccharum hat zwei Blüthen, deren untere sitzend, die obere aber gestielt ist. In den beiden genannten Fällen haben wir die Uebergänge von der Aehre zur Dolde und von der Aehre zur Traube. — Bei Pandanus odoratissimus bildet der männliche Blüthenstand eine einfach verzweigte Aehre, wo jede Seitenähre ein grofses gefärbtes Deckblatt, eine Spatha, besitzt; die Einzelblüthe ohne Deckblatt besteht aus einer unbestimmten Zahl von Staubfäden, welche um eine centrale, sich oftmals säulenförmig verlängernde, Achse angeordnet sind.

4. Die Traube (racemus), mit verlängerten Stengelgliedern der Hauptachse und mit langgestielten Blüthen (*b*), bei Prunus Padus, P. lusitanica, Clethra arborea, Vaccinium madeirense, Hakea suaveolens, Berberis, oder als zusammengesetzte (*c*) oder verzweigte Traube (racemus compositus), die man, wenn die Blüthenstiele kurz sind, Straufs (thyrsus) genannt hat, wohin Saccharum, aber auch Oreodaphne und Persea, desgleichen Carica Papaya gehören würden, mit langen Blüthenstielen aber als Rispe (panicula) bezeichnet; bei Avena. Ich glaube, man könnte mit der Bezeichnung einer zusammengesetzten Traube vollständig ausreichen, da das mehr oder weniger der Länge individuell aufgefafst werden kann, wie schon die Unterscheidung der Aehre und Traube nach der Länge der Blüthenstiele bisweilen unsicher wird. Eine zusammengesetzte Traube finden wir bei Mangifera indica, Pereskia aculeata, Eryobotrya japanica, Vitis vinifera u. s. w.

Andere Ausdrücke, als Spirre (anthela) für den einer Cyma

entsprechenden Blüthenstand von Juncus und Cyperus longus, desgleichen Blüthenschweif (anthurus) für den ähren- oder rispenförmigen Blüthenstand einiger Amaranthaceen, desgleichen Blüthenbüschel (fasciculus), für eine Form der Trugdolde (Dianthus cartusianorum) und Blüthenknäuel (glomerulus), für das Blüthenköpfchen in der Achsel von Blättern, bei Parietaria, Blitum u. s. w., könnten füglich wegfallen, da sie nicht einmal scharf definirt sind und deshalb sehr willkürlich angewendet werden. Den vor dem Aufbrechen der Blüthen gleich einer Uhrfeder aufgerollten Blüthenstand der Borragineen hat man Cincinnus genannt.

Die Cupula der Cupuliferen kann ich nicht unter die Blüthenstände rechnen, wie es meistens geschieht, denn die Entwickelungsgeschichte lehrt; dafs selbige nicht, gleich dem gemeinsamen Kelch der Compositen oder dem Blüthenstand der Feige, mit dem sie wohl verglichen wurde, vor der Anlage der Blüthen, sondern erst nachdem alle Theile der einzelnen Blüthen angelegt sind, als eine becherförmige Hülle (Quercus), oder viertheilige Umhüllung (Fagus und Castanea) erscheint (p. 308), an welcher, indem sich ihr Rand erhebt, unter demselben junge Blätter entstehen. Ich betrachte die Cupuliferenblüthe als Einzelblüthe mit mehreren Fruchtknoten, etwa der Rosenblüthe vergleichbar, wo sich ebenfalls ein fleischiger Discus um mehrere Fruchtknoten erhebt; freilich trägt der Discus hier Kelch und Blumenkrone und sind die Fruchtknoten aus einem Blatte entstanden, während sie bei den Cupuliferen aus drei Fruchtblättern hervorgehen und selbst noch ein dreiblätteriges Perigon besitzen. Quercus mit einem Fruchtknoten ist jedenfalls eine Einzelblüthe.

Wie die Einzelblüthe so kann auch der Blüthenstand endständig und achselständig sein, und zwar endständig im engeren Sinne des Wortes, wenn mit ihm die Hauptachse der Pflanze abschliefst.

Was nun die zum Blüthenstand gehörigen Blätter anbetrifft, so haben wir zuerst das gemeinsame Schutzblatt desselben oder die Spatha [1]) und darauf die Schutzblätter der einzelnen Blüthen oder die Bracteen zu betrachten.

Die Spatha ist zunächst den Blüthenständen vieler Monocotyledonen eigen, z. B. den Palmen, Aroideen und Musaceen; bei dem männlichen Blüthenstand der Dattelpalme bildet sie eine grofse, kahn-

[1]) Billigerweise sollte man die Spatha Bractea communis nennen.

förmige, holzige, geschlossene, Hülle, welche zur Blüthezeit der Länge nach aufreifst, wogegen dieselbe Spatha bei anderen Palmen (Chamaerops humilis) blattartig erscheint. Bei einigen Aroideen, wo sie häufig eine blumenblattartige Färbung annimmt, bleibt sie tutenförmig zusammengerollt (Arum, Colocasia); bei anderen öffnet sie sich, so dafs die Blüthenähre frei hervortritt (Calla); bei Acorus ist sie nicht zur Ausbildung gekommen. Bei Strelitzia ist sie kahnförmig und grün gefärbt, bei Musa paradisiaca, sapientum, Cavendishi und coccinea fehlt eine gemeinsame Spatha, dagegen kann man die grofsen Deckblätter der drei zuerst genannten Arten, in deren Achsel bis 20 und mehr Blüthen in zwei Reihen entstehen, wenn man so will, als Spatha und den Blüthenstand als verzweigte Aehre auffassen. Bei Musa coccinea aber, mit feuerfarbenen Deckblättern, in deren Achsel nur zwei Blüthen stehen, mufs man den Blüthenstand als einfache Aehre und jene Blätter als Deckblätter ansprechen, was, wie ich glaube, auch für die anderen Musa-Arten das Richtigere ist. Eine verzweigte Aehre mit wirklich schön gefärbter Spatha für jeden Zweig besitzt die männliche Blüthe des Pandanus odoratissimus (p. 346). Das lange Blatt am achselständigen Blüthenstand der Linde könnte man sehr wohl als Spatha bezeichnen, es ist das erste Blatt der Achselknospe, die zum Blüthenstand geworden. Der Blüthenstand des Mais ist von mehreren blattartigen Hüllen umgeben.

Das Blüthendeckblatt (bractea) ist in der Regel anders geformt und häufig auch anders gefärbt, als diejenigen Blätter, welche keine Blüthen schützen, allein hier wie überall in der Natur fehlt die scharfe Grenze. Bei Visnea Mocanera z. B. ist das sterile Blatt von dem eine Blüthe schützenden durchaus nicht verschieden; man beschränkt deshalb diesen Ausdruck am besten auf diejenigen Pflanzen, wo man einen Blüthenstand annehmen mufs. Hier werden die Deckblätter der Seitenachsen des Blüthenstandes oder der Einzelblüthen oftmals winzig klein (bei Oreodaphne, Persea, Ribes), kommen auch wohl gar nicht zur Ausbildung (die Bracteen der Aehrchen bei den Gramineen), oder sie sind gröfser als die Laubblätter (bei Bugenvillea), fast immer aber in der Form von den letzteren verschieden.

Schön gefärbte Deckblätter hat der ährenförmige Blüthenstand von Melampyrum arvense und nemorosum, desgleichen der noch schönere ährenförmige Blüthenstand der Musa coccinea und verwandter Musaceen. Bei Bugenvillea spectabilis stehen drei grofse rosenrothe

Bracteen nebeneinander, jede eine röhrenförmige unscheinbare Blüthe schützend, bei Poinsettia pulcherrima aber umgiebt ein ganzer Kranz grofser feuerfarbener Blätter den doldenförmigen Blüthenstand; aber hier sind nicht allein die Blätter, in deren Achseln Blüthen auftreten, sondern vorzugsweise die unter ihnen stehenden roth gefärbt, während tiefer herab gröfsere grüne Blätter erscheinen. Die Poinsettia, welche um Funchal vom September bis zum Frühling belaubt ist und über 20 Fufs hohe Bäume mit schöner Krone bildet, ist während dieser Zeit die gröfste Zierde der Gärten und Promenaden.

An vielen Blüthenständen fehlen die Deckblätter der Einzelblüthen; entweder sind sie verkümmert oder schon in der Anlage nicht vorhanden gewesen, worüber nur die Entwickelungsgeschichte entscheiden kann. Am männlichen Blüthenstand der Eiche und Buche sind die Einzelblüthen ohne Deckblätter, ebenso am männlichen Blüthenstand von Pandanus und bei der die Blüthe beider Geschlechter tragenden Aehre der Colocasia. In anderen Fällen fallen sie schon zeitig ab, bei Manglesia und Grevillea. Die Spreublätter (paleae) des gemeinsamen Blüthenbodens der Compositen sind die Bracteen der Einzelblüthen; ebenso betrachten Einige die blattartigen Organe der Euphorbiaceenblüthe, welche die Staubfäden umgeben, als die Deckblätter der letzteren (Fig. 212. p. 307), allein ich habe mich weder bei Poinsettia pulcherrima noch bei Euphorbia canariensis überzeugen können, dafs wirklich jedem Staubfaden ein solches Blatt entspricht; ich kann den Staubfaden der Euphorbiaceen überhaupt nicht als Einzelblüthe annehmen, betrachte deshalb deren Blüthe auch nicht als Blüthenstand (p. 301).

In der Regel entsteht in der Achsel des Deckblattes nur eine Blüthe; bei Strelitzia. Bei Manglesia, Grevillea und Musa coccinea dagegen bilden sich deren zwei, und bei Musa sapientum und paradisiaca erscheinen sogar zahlreiche Blüthen, in zwei Reihen gestellt. Die drei Blüthen in der Achsel des Blattes der Euphorbia canariensis bilden zusammen einen kleinen Blüthenstand (Fig. 232. p. 338). Ihm entsprechen die drei Blüthen der Beta vulgaris und des Viscum album. Aehnliche kleine Blüthenstände erscheinen auch in der Achsel der Blätter von Coffea arabica. Der achselständige Blüthenstand von Ulmus gehört gleichfalls hierher. — Bei einigen Pflanzen bildet die Blüthenknospe in der Achsel eines Deckblattes, ehe sie sich als Blüthe ausbildet, noch einige Blattorgane, die man nicht wohl zur letzteren

zählen kann und die man vielleicht am besten als Knospenschuppen auffafst, so bei den Irideen. (Die Vorblätter p. 288).

Die Stellung der Blüthendeckblätter am Blüthenstand entspricht in der Regel (ob immer?) der Stellung der Laubblätter an den vegetativen Zweigen, auch erfolgt das Aufblühen der Einzelblüthen in der Regel nach dem Alter der letzteren, was namentlich am ährenförmigen Blüthenstand sehr in die Augen fällt. Bei Musa sapientum und Cavendishi öffnet sich das unterste Deckblatt zuerst und in der Reihenfolge weiter, es fällt, während die Hauptachse an ihrer Spitze weiter wächst und fortdauernd neue Blüthen erzeugt, ab, und wenn nach vielen Monaten die untersten Früchte schon reif sind, dauert an der Spitze noch die Blüthenbildung fort. Die ährenförmigen Blüthenstände sind deshalb für die Untersuchungen der Entwickelungsgeschichte vorzugsweise geeignet, indem man bei ihnen von oben nach unten fast alle Entwickelungsstadien findet. Allein, wenn auch bei allen Blüthenständen die Anlage der Blüthen von unten nach oben, also die Spitze als Centrum gedacht, centripetal, stattfindet, so erfolgt das Aufblühen doch nicht immer gleichfalls centripetal, während nämlich die Aehren von Anacamptis piramidalis und Orchis militaris von unten nach oben aufblühen, öffnen sich bei Orchis Simia die obersten Blüthen zuerst[1]), was sich in ähnlicher Weise bei Orchis variegata wiederholt und dem ursprünglich ährenförmigen Blüthenstand ein eigenthümliches Ansehen giebt. Bei Dipsacus Fullonum aber öffnen sich ziemlich unregelmäfsig die Blüthen der Mitte des kegelförmigen, zwischen dem Köpfchen und der Aehre stehenden, gedrängten, Blüthenstandes früher als die oberen und unteren.

Die Einzelblüthen eines Blüthenstandes können sowohl gestaltlich als auch in dem Auftreten ihrer wesentlichen Organe unter einander verschieden sein, was namentlich in der Familie der Compositen vorkommt, wo sowohl lauter Zwitterblüthen (Linné's Polygamia aequalis) als auch Zwitterblüthen und weibliche Blüthen (Linné's Polygamia superflua, frustranea und necessaria) in bestimmter Ordnung neben einander auftreten, desgleichen die gamopetale Blumenkrone aller Blüthen, eines Köpfchens mit röhrenförmigem oder mit zungenförmig verlängertem Rande, ausgebildet erscheinen kann, oder nur die Randblüthen

---

[1]) de Bary, über Orchis militaris, Simia, fusca und ihre Bastarde. Bericht der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B. 1858. p. 447.

eine zungenförmig verlängerte Blumenkrone besitzen, was in ähnlicher Weise für die Randblüthen des doldenförmigen Blüthenstandes einiger Umbelliferen (Orlaya grandiflora) wiederkehrt.

XXVI. Die Befruchtung der phanerogamen Gewächse.

§. 76. Unter Befruchtung versteht man im Thier- und im Pflanzenreich das nothwendige Zusammentreffen zweier unter sich ungleichwerthiger Stoffe zur Erzeugung einer Keimanlage.

Die Befruchtung der Pflanzen kann, nach dem jetzigen Stande unseres Wissens, mit der Befruchtung der Thiere nur insofern verglichen werden als in beiden Fällen sowohl zur Bildung des befruchtenden männlichen Stoffes, als auch zur Entstehung der jungfräulichen weiblichen Masse besondere Organe nothwendig sind und erst durch unmittelbare Vermischung beider ein Körper entsteht, der sich zum Embryo ausbildet.

Bei den Thieren ist der Hode, welcher die Samenflüssigkeit bereitet, das männliche Organ; bei den kryptogamen Gewächsen haben wir dasselbe in den Antheridien (p. 179) kennen gelernt und bei den phanerogamen Pflanzen finden wir es in der Anthere oder dem Staubblatt, welches die Pollenkörner bildet, wieder.

In der Samenflüssigkeit des Thieres sind die Samenfäden oder Spermatozoen, wie wir jetzt wissen, das Wesentliche; sie dringen, nach den neuesten Untersuchungen von de Bary, Keber, Newport, Meissner, Bischoff u. A. in das Innere des thierischen Eies und nehmen dort, freilich auf noch unbekannte Weise, an der Bildung des Keimes materiellen Antheil. Die beweglichen Befruchtungskörper, in der Antheridie der Algen entstanden, dringen nach Pringsheim gleichfalls in die zu befruchtende Protoplasma-Masse des weiblichen Organs (p. 207). Während man bislang dem männlichen Samen nur einen befruchtenden, d. h. einen zur Keimbildung befähigenden, nicht unmittelbaren Einfluſs auf das Ei zuschrieb, muſs man ihm jetzt einen sehr materiellen Antheil an der Entstehung des Keimes zu erkennen. Bei den phanerogamen Gewächsen sind nun zwar in dem Inhalt der Pollenkörner, welcher der Samenflüssigkeit entspricht, bis jetzt noch keine bewegliche Befruchtungskörper aufgefunden worden; allein wenn

auch die Formelemente hier zu fehlen scheinen, so vollzieht dieser Inhalt, die Fovilla, doch factisch die Befruchtung, indem durch die unmittelbare Vermischung desselben mit dem Protoplasma des Keimkörperchens das letztere zur ersten Zelle der neuen Keimanlage wird.

Das weibliche Organ der Thiere ist der Eierstock, in ihm bildet sich das Ei als eine Zelle; im weiblichen Organ der Kryptogamen, im Pistill oder Archegonium (p. 178), entsteht gleichfalls eine Zelle, das Keimbläschen, und im weiblichen Organ der phanerogamen Pflanzen, in der Samenknospe, finden wir wieder zwei oder mehr einer Zelle ähnliche Organe, die Keimkörperchen (Keimbläschen nach Amici und Hofmeister). — Die weibliche Anlage zum Thier oder zur Pflanze entwickelt sich ohne Befruchtung nicht weiter, befruchtet aber entsteht aus ihr die erste Zelle des Embryo, d. h. des durch geschlechtliche Zeugung entstandenen Keimes. Bei den Säugethieren erfolgt die Ausbildung desselben in der Gebärmutter, bei den Kryptogamen in der Höhle des Archegoniums und bei den phanerogamen Gewächsen im Innern einer grofsen, im Knospenkern der Samenknospe gelegenen, Zelle, dem Embryosack, in welchem auch die Keimkörperchen entstanden sind. Für die Befruchtung der Phanerogamen sind die Pollenkörner und die Samenknospen die wesentlichsten Theile. Der Pollenschlauch ist eine directe Verlängerung der inneren Haut des Pollenkorns, bei den Nadelhölzern dagegen die Verlängerung einer Tochterzelle des letzteren. Die Befruchtung erfolgt im Embryosacke selbst, bei den Nadelhölzern und Cycadeen aber in einer Tochterzelle des letzteren.

[1] Wenn wir dem geschichtlichen Gange der Befruchtungsfrage im Pflanzenreich nachforschen, so erscheint uns Malpighi (1681) als derjenige, welcher bereits den Embryosack der Samenknospe als das Organ, in dem sich die Keimanlage ausbildet, kannte zugleich aber den Pollen als ein nutzloses Secret der Pflanze betrachtete. Bis zu Amici, welcher 1823 die Pollenschläuche entdeckte und deren Verlauf durch den Staubwegcanal in die Fruchtknotenhöhle bis an die Samenknospe nachwies, geschah von da ab, also innerhalb etwa 140 Jahren, in dieser Frage nur wenig; von nun an aber betheiligten sich Treviranus, Mirbel, Brongniart, Robert Brown und andere tüchtige Männer an der so wichtigen, aber schwierigen, Untersuchung. — Brongniart sah abgerissene Pollenschläuche im Knospenmund der Samenknospe, hielt sie jedoch für Befruchtungsröhren, welche den Pollenschläuchen entgegengewachsen wären, um von ihnen den befruchtenden Stoff aufzunehmen und dem Embryosack mitzutheilen; Schleiden zeigte dagegen, dafs diese vermeintlichen Befruchtungsröhren in die Samenknospe eingedrungene Pollenschläuche wären, deren Verlauf von der Narbe, durch den Staubwegcanal bis zur Samenknospe, ja bis zum Embryosack derselben, von ihm für eine grofse Anzahl von Pflanzen nachgewiesen wurde. Schleiden glaubte zugleich bei Phormium tenax die Entdeckung gemacht zu haben, dafs der Pollenschlauch, die Membran des Embryosackes vor sich hindrängend, denselben einstülpe und dafs innerhalb dieser Einstülpung, also inner-

halb des Pollenschlauches selbst, die ersten Zellen der Keimanlage entständen, welche Theorie lange unter dem Namen der Einstülpungstheorie bekannt war und viel Aufsehen erregte, namentlich durch die mit ihr verbundene Umkehrung der Vorstellungen von der geschlechtlichen Function der wesentlichen Blüthentheile, indem nach SCHLEIDEN das Pollenkorn zum Ei der Pflanze und damit die Anthere zum weiblichen Organ gestempelt wurde. Anfangs wurde SCHLEIDEN's Angabe von anderen Beobachtern (WYDLER, MEYEN, GRIFFITH, GELESNOW und TULASNE) bestätigt, dann aber fand AMICI, der Entdecker der Pollenschläuche (1847), in der Spitze des Embryosackes der unbefruchteten Samenknospe von Orchis Morio zwei zellenähnliche Körper, die er Keimbläschen nannte, welche durch die Berührung mit dem Pollenschlauch befruchtet werden, so dafs bald darauf, meistens nur in einem derselben, seltener in beiden, eine Zellenbildung stattfindet, aus der sich allgemach der Embryo entwickelt. — AMICI's Beobachtung stand der SCHLEIDEN'schen Ansicht diametral gegenüber; während nach letzterem der Keim im Pollenschlauche selbst gebildet wurde, war nach AMICI die eigentliche Grundlage desselben schon vor der Befruchtung im Embryosack vorhanden, es bedurfte jedoch, um selbige zur Keimanlage auszubilden, einer Berührung mit dem Pollenschlauch. AMICI's Entdeckung wurde durch v. MOHL für Orchis Morio (1847), durch C. MÜLLER, namentlich aber durch HOFMEISTER für eine grofse Anzahl von Pflanzen bestätigt. Seit 1844 mit besonderer Vorliebe mit der Entwickelungsgeschichte der Blüthe und der Entstehung des phanerogamen Embryo beschäftigt, glaubte ich nach meinen sorgfältigen Untersuchungen die SCHLEIDEN'sche Ansicht gegen AMICI, v. MOHL und HOFMEISTER vertreten zu müssen; meine Untersuchung über die Entstehung des Pflanzenembryo erschien 1850 als gekrönte Preisschrift der ersten Klasse des niederländischen Instituts zu Amsterdam, jedoch mit einer Verwahrung gegen die von mir gezogenen Schlüsse. Ein Jahr früher (1849) war HOFMEISTER's gröfsere Arbeit erschienen; TULASNE hatte inzwischen die SCHLEIDEN'sche Ansicht verlassen (1849) und eine neue Theorie aufgestellt, nach welcher das Keimbläschen nicht präexistiren, sondern erst nach dem Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Embryosack an der Berührungsstelle entstehen sollte, welche Ansicht auch noch in seinen neuesten Untersuchungen (1855) vertreten wird. Ueber die so wichtige Frage entspann sich nunmehr ein lebhafter Streit, namentlich zwischen HOFMEISTER und mir, der leider zuletzt, wie ich jetzt herzlich beklage, allzu heftig und bitter geführt wurde. Allein ich konnte meine Ueberzeugung nicht aufgeben und diese gründete sich auf Präparate, welche noch jetzt vorhanden sind und die erst durch meine neuesten Untersuchungen ihre richtige Erklärung gefunden haben. Wohl hatte ich die vor der Befruchtung sehr vergänglichen Keimbläschen gesehen, allein ich hielt sie nicht für die Grundlage des künftigen Embryo. Inzwischen brachte DEECKE ein Präparat, dafs SCHLEIDEN's Ansicht vollkommen zu bestätigen schien (1854). RADLKOFER erhob sich dagegen für AMICI und HOFMEISTER, indem er die Präexistenz der Keimbläschen und namentlich deren Ansatzstellen an der Membran des Embryosackes, welche ich für die Eintrittsstellen eines Pollenschlauches gehalten, nachwies, und ich fand (im April 1856) zu Funchal auf Madeira, bei Gladiolus segetum, in der Spitze des unbefruchteten Embryosackes zwei Körperchen, die Keimkörperchen oder Keimbläschen, deren obere Hälfte aus feinen glänzenden Fäden (dem Fadenapparat), im unteren Theile dagegen aus einer von keiner festen Membran umhüllten Protoplasmamasse (der Protoplasmakugel) bestanden, welche erst nach der unmittelbaren Berührung mit dem Pollenschlauch, der sich an den Fadenapparat dicht anlegte, eine feste Zellenstoffmembran erhielt und so zur ersten Zelle der Keimanlage wurde. Um dieselbe Zeit, ja sogar noch etwas früher, beobachtete HENFRY in London bei Santalum album die Entstehung der ersten Zelle der Keimanlage aus einer vor der Befruchtung membranlosen Protoplasmamasse. Ueber mehrere andere Pflanzen ausgedehnte Untersuchungen gaben mir eine vollständige Bestätigung der bei Gladiolus gewonnenen Resultate, selbst Phormium tenax schlofs sich ihnen an. Die SCHLEIDEN'sche Befruchtungstheorie ist somit

von allen ihren bisherigen Vertheidigern, und auch von Schleiden selbst, verlassen worden, und handelt es sich jetzt nur noch um den Bau der Keimkörperchen und um die Weise ihres Zusammentreffens mit dem Pollenschlauch [1]).

---

[1]) Zur Literatur über die Befruchtung der Phanerogamen:

Amici, über die Pollenschläuche. Atti della Societ. ital. resid. in Modena. XXIX. 1823. Uebersetzt in den Annal. des scienc. natur. 1824. — Ders., über die Befruchtung des Kürbisses. Flora 1845. p. 368. — Ders., Befruchtung der Orchideen. Flora 1847. p. 249.

de Bary, de plantarum generatione sexuali. Berlin 1853.

Brogniart, mémoire sur la génération. Annal. des scienc. nat. 1827. — Ders., sur le mode de fécondation des Orchidées. 1831.

R. Brown, im botanischen Anhang zu Kings Reise. 1824. — Ders., über die Befruchtung bei den Orchideen und Asclepiadeen. 1831—1833.

de Candolle, organographie vegetale. 1827.

Cienkowsky, über die Befruchtung der Coniferen. Bulletin de Moscou. 1853.

Cobbold, Embryogeny of Orchis etc. Annal. of nat. Hist. Ser. II. Vol. X.

Corda, über die Befruchtung der Coniferen. 1835.

H. Crüger, Befruchtung der Orange. Bot. Zeit. 1851. p. 57. — Ders., zur Befruchtungsangelegenheit. Bot. Zeit. 1856. p. 809.

Deecke, Entwickelungsgeschichte des Embryo von Pedicularis. Abhandl. der Gesellschaft zu Halle. II. 1854. — Ders., Entw. d. Embryo v. Pedicularis. Bot. Zeit. 1855. p. 657. — Ders., Entw. d. Embryo v. Stachys. Bot. Zeit. 1856. p. 121.

Fritzsche, die Entwickelung der unbefruchteten Ovula bei Cucumis sativus. Wiegmann's Archiv 1835.

Géléznow, Bildung des Embryo und Sexualität der Pflanzen. Bot. Zeit. 1843. p. 841. — Ders., embryogénie de mélèze. Annal. des scienc. nat. 1850.

Giraud, Embryo von Tropaeolum majus. Transactions of the L. S. of London. Vol. XIX.

Gottsche, über Macrozamia Preissii. Bot. Zeit. 1845. p. 377.

Griffith, sur le dévélopement des ovules du Santalum etc. Annal. des scienc. Tom. XI. — Ders., in the annals of natural history. 1843. — Ders., on the development of the ovule in Avicennia. Trans. of L. S. 1846. — Ders., Befruchtung von Dishidia. Bot. Zeit. 1853.

Hartig, neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen. Braunschweig 1842.

Henfry, Entwickelung des Eichens von Orchis Morio. Transactions of the L. S. XXI. 1852. — Ders., on the development of the ovule of Santalum album. Trans. of the L. S. Vol. XXII. (Gelesen am 4. März 1856.) — Ders., Rep. of the British Assoc. 1856.

Hofmeister, Befruchtung der Oenotheren. Bot. Zeit. 1847. p. 785. — Ders., die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849. — Ders., zur Entwickelungsgeschichte der Zostera. Bot. Zeit. 1852. p. 121. — Ders., Vergl. Untersuch. über die höheren Kryptogamen und Coniferen. Leipzig 1851. — Ders., Befruchtung der Coniferen. Flora 1854. p. 530. — Ders., Embryologisches. Flora 1855. p. 157. — Ders., neuere Beobachtungen über die Embryobildung der Phanerogamen. Pringsheim's Journal Bd. I. p. 82—186. — Ders., zur Uebersicht der Geschichte von der Lehre der Pflanzenbefruchtung. Flora 1857. p. 119. — Ders., Uebersicht neuer Beobachtungen der Befruchtung Bericht der Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. 1856.

Horkel, historische Darstellung von der Lehre von den Pollenschläuchen. Monatsbericht der Berliner Akademie 1836.

Karsten, Entwickelungsgeschichte der Loranthaceen. Bot. Zeit. 1852. p. 310. — Ders., über Zamia muricata. Abhandl. der Berl. Akademie 1857. p. 205. — Ders., über parasitische Pflanzen. Nova Acta L. C. Vol. XXVI. p. II. p. 907.

Knorr, die Entstehung des Embryo. Bot. Zeit. 1848. p. 273.

Der Blüthenstaub.

§. 77. Der **Blüthenstaub** oder **Pollen** bildet sich im Innern der Staubbeutel und zwar so, dafs immer (?) in einer Mutterzelle 4 Pollenkörner entstehen (Bd. I. p. 82). Wenn nun die Wand der Mutterzelle nicht vollständig resorbirt wird, so bleiben die 4 in ihr entstandenen Pollenzellen mit einander vereinigt, wie dies bei vielen Orchideen und Ericeen geschieht, verschwindet dagegen die Mutterzelle, wie es in der Regel der Fall ist, vollständig, so sind die Pollenkörner getrennt; bei Anona und Furcroya hängen je 4 Pollenkörner noch lose aneinan-

Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III. — Ders., über den Befruchtungsact und die Polyembryonie. Berlin 1840.
Mirbel, recherche sur l'ovule végétale. 1828 u. 1830. — Ders. mit Spach, über Zea Majs. Annal. des scienc. 1839. — Ders., über die Bildung des Embryo bei Pinus, Thuja und Taxus. Comptes rendus 1843. Annal. d. scienc. 1844.
v. Mohl, Entwickelung des Embryo von Orchis Morio. Bot. Zeit. 1847. p. 465.
C. Müller, Entwickelung des Pflanzenembryo. Bot. Zeit. 1847. p. 737.
Pineau, sur la formation de l'embryon chez les Conifères. Annal. des sciences naturelles. III. Série. Tom. XI.
Radlkoffer, Befruchtung der Phanerogamen. Leipzig 1857. — Ders., der Befruchtungsprocefs im Pflanzenreich. Leipzig 1857.
Sanderson, on the Embryogenie of Hippuris. Annals and Magaz. of Natural History 1850.
Schacht, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenembryo. Amsterdam 1850. — Ders., die Entstehung des Pflanzenkeims. Flora 1855. p. 145. — Ders., Befruchtung von Pedicularis sylv. Flora 1855. p. 449. — Ders., die Entstehung des Keims bei Tropaeolum. Bot. Zeit. 1855. p. 641. — Ders., einige Worte über die Befruchtung der Kiefer u. s. w. Beiträge zur Anatomie u. s. w. p. 324. — Ders., Anleitung zum Mikroskop. p. 135. — Ders., über die Befruchtung von Gladiolus. Monatsbericht der Berl. Akademie 1856. Mai 22. — Ders., über Pflanzenbefruchtung. Pringsheim's Journal Bd. I. p. 193—231. — Ders., neuere Unters. über Gladiolus. Bot. Zeit. 1858. p. 20. — Ders., über die Befruchtung bei Phormium tenax. Monatsber. der Berl. Akademie 1857. Dec. — Ders., über Crocus. Flora 1858.
Schauer, Zusammenstellung aller über die Befruchtungsweise der Asclepiadeen aufgestellten Theorien. R. Brown's vermischte Schriften. 1834.
Schleljesnow, im Bulletin de Moscou 1849.
Schleiden, über die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Acta A. L. C. Tom. XIX. — Ders., Beiträge zur Phytogenesis. S. Beiträge p. 121. — Ders., die neueren Einwürfe gegen meine Lehre von der Befruchtung. Leipzig 1844. — Ders., historische Berichtigung. Bot. Zeit. 1845. p. 73. — Ders., über Amici's letzten Beitrag zur Lehre von der Befruchtung. Flora 1845. p. 593.
Treviranus, über den Bau der Befruchtungstheile u. s. w. der Gewächse. Zeitschrift für Physiologie Bd. II. — Ders., de ovulo vegetabili. 1828. — Ders., symbolae physiologiae. 1831. — Ders., Physiologie Bd. II.
Tulasne, études d'embryogénie végétale. Annales des sciences. XII. 1849. — Ders., nouvelles études etc. Annales des sciences. 1855.
Unger, Entstehung des Embryo von Hippuris. Bot. Zeit. 1849. p. 329.
Wilson, on the Embryo of Tropaeolum. London. Journal of Botany Vol. II. 1843. — Ders., London. Journal of Botany Tom. LXXIV. 1848.

der[1]). — Bei den Asclepiadeen bleiben sämmtliche Pollenkörner eines Antherenfaches (der Staubbeutel ist zweifächerig p. 299) vereinigt; eine feste Membran, welche durch Jod- und Schwefelsäure roth gefärbt wird und dem Angriff der Säuren lange widersteht, umschliefst dieselben, einem Sacke ähnlich. Wenn hier die Pollenkörner Schläuche treiben, so wird von diesen erst der Sack durchbrochen. Bei vielen Orchideen mit nicht getrennten Pollenkörnern verbindet eine schleimig-klebrige, lange Fäden ziehende, Masse gröfsere oder kleinere Gruppen der überdies zu vier verbundenen Pollenkörner mit einander; man spricht alsdann von einer aus Lappen zusammengesetzten Pollenmasse. Ein solcher Lappen kann nun entweder ganz oder theilweise von einer membranartigen Hülle bekleidet werden (bei Himantoglossum, wo diese Hülle, gleich der Aufsenschicht vieler Pollenkörner, zierlich gefeldert ist).

Bei den Orchideen mit nicht getrennten Pollenkörnern (Orchis, Ophrys, Gymnadenia, Himantoglossum, Epipogum, Corallorhiza u. s. w.) endigt die Pollenmasse jeder Antherenhälfte mit einer schleimig-klebrigen Verlängerung, welche an ihrem Ende mehr oder weniger anschwillt und sehr unpassend Drüse (glandula pedicellorum pollinis), aber auch Retinaculum und Proscolla genannt wurde. Wenn die schleimig-klebrige Anschwellung des ebenso beschaffenen Stieles jeder Pollenmasse für sich bleibt, so sind die beiden Pollenmassen einer Anthere getrennt (bei allen ächten Orchis-Arten, ferner bei Gymnadenia und Ophrys); wenn dagegen die Anschwellung des Stieles beider Pollenmassen sich zu einem Ganzen vereinigt, so sind dieselben durch ihren Stiel mit einander verbunden (bei Anacamptis, Himantoglossum [s. Fig. 193. p. 293], Goodyera, Corallorhiza[2]) und Epipogum). Der Theil der Blüthe, in dem sich diese Anschwellung bildet, wird Bursicula genannt; selbige soll angeblich bei Gymnadenia[3]), was aber keineswegs der Fall ist, fehlen. Der Stiel nun, welcher länger oder kürzer sein kann[4]), sowie seine Anschwellung, die nach den Arten gröfser oder kleiner erscheint, bestehen aus zahlreichen Zellen, welche, statt, wie im oberen Theile der Anthere, sich als Pollenkörner auszubilden, hier zur Blüthezeit

[1]) v. Mohl giebt noch einige andere Beispiele zu 4 vereinigter Pollenkörner (über den Bau und die Formen der Pollenkörner. Bern 1834. p. 37).

[2]) Bei Corallorhiza innata sind 4 Pollenmassen, den 4 Fächern der Anthere entsprechend, an kurzen Stielen durch das Retinaculum miteinander verbunden, bei Orchis, Ophrys und Himantoglossum dagegen sind die Pollenmassen beider Antherenfächer einer Staubbeutelhälfte durch einen gemeinsamen Stiel vereinigt.

[3]) Koch, Synopsis. p. 688.

[4]) Sehr lang ist dieser Stiel bei Epipogum, sehr kurz bei Goodyera.

eine kleberige Flüssigkeit aussondern, deren zähe Fäden die einzelnen Lappen der Pollenmassen zusammenhalten. Die Bursicula, desgleichen der Theil, in dem sich das Stielchen bildet, gehören zur Anthere[1]). Anders verhält es sich mit dem anscheinend ähnlichen Stiel der Pollenmassen der Asclepiadeen; dieser sowohl als auch die sogenannte Drüse, welche zwei Pollenmassen und zwar nicht derselben, sondern benachbarter Antheren verbindet, bestehen nicht aus Zellen, vielmehr wie die sackartige Umhüllung dieser Pollenmassen selbst, aus einer homogenen Masse, welche von bestimmten Zellen des Narbenkörpers ausgeschwitzt wird[2]). Der klebrige Stiel der Pollenmassen beider Pflanzengruppen wird für die Befruchtung wichtig, indem hier die Bestäubung durch Insecten erfolgt, welche auf der Narbe nach Zucker suchend, durch die an ihren Füfsen hängen bleibenden Pollenmassen die Bestäubung vollziehen. — Andere Orchideen besitzen, wie die Mehrzahl der Pflanzen, getrennte Pollenkörner (Cephalanthera, Limodorum. Taf. X. Fig. 5 u. 6).

Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner, welche sehr mannigfach sind, haben insbesondere v. Mohl, Fritzsche und Meyen gearbeitet, in der neueren Zeit aber ist kaum etwas nach dieser Richtung geschehen. Ich habe in den letzten Jahren einige Pollenkörner nach einer anderen Methode, durch Anwendung des Messers, im Verein mit chemischen Reagentien, untersucht, und glaube hier einige weitere Aufschlüsse geben zu können[3]).

In den meisten Fällen hat das Pollenkorn mehrere Häute, deren innerste, welche niemals fehlt, jederzeit aus Zellenstoff besteht und die eigentliche Pollenzelle darstellt, welche später durch einseitige Ausdehnung den Pollenschlauch bildet (Taf. X. Fig. 5 u. 6 *a*), während die Hüllhaut, welche sie umkleidet (Taf. X. Fig. 5 *b*), in der Regel aus einem anderen Stoff gebildet ist. Die innere Haut oder die eigentliche Membran der Pollenzelle wurde von Fritzsche Intine, die äufsere dagegen Exine genannt; wenn zwischen beiden noch Häute optisch unterscheidbar waren, so wurden sie von ihm als Intexine und Exin-

---

1) Meine Untersuchung über Ophrys Arachnites in der botanischen Zeitung von 1852.

2) Meine Entwickelungsgeschichte der Blüthe von Asclepias syriaca in der Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops. Ausg. I. p. 151—156. und Ausg. II. p. 167—170.

3) Eine ausführliche Arbeit über den Bau der von mir untersuchten Pollenkörner wird nächstens in Pringsheim's Jahrbüchern erscheinen.

tine bezeichnet; die Reihenfolge dieser Häute von Aufsen nach Innen ist nach Fritzsche folgende: Exine, Intexine, Exintine und Intine. Die innere Haut ist nach v. Mohl und Fritzsche immer völlig homogen; bei Carex praecox und Nerium sah letzterer jedoch Verdickungen derselben, welche nach meinen Untersuchungen viel häufiger vorkommen. Die äufsere Haut, die Exine, dagegen hat nach beiden Beobachtern vielfach einen sehr zusammengesetzten Bau; nach v. Mohl soll dieselbe häufig aus zahlreichen Zellen bestehen, welche mit einer durchsichtigen ölartigen Flüssigkeit erfüllt sind, ja selbst da, wo man nur Körner sieht, glaubt v. Mohl diese Haut aus rudimentären Zellen, zusammengesetzt, welche durch eine halb gelatinöse Masse zu einer Membran verbunden sind. Er hält deshalb den Vergleich der äufseren Pollenhaut mit der Membran einer Zelle für durchaus unpassend[1]). Später erklärt derselbe Forscher die Exine für eine der Cuticula der Oberhautzellen entsprechende Aussonderungsschicht[2]), wofür sie auch von Schleiden gehalten wurde. Fritzsche und noch entschiedener Meyen verwerfen mit Recht den zelligen Bau der Exine. Die scheinbaren Oeffnungen in derselben bei vielen Pollenkörnern sollen nach v. Mohl immer mit einer zarten Membran bekleidet sein, allein schon Meyen zeigte, dafs dies keinesweges immer der Fall ist. Nach letzterem ist die äufsere Haut des Pollens eine mehr oder weniger einfache Membran und alle jene Bildungen (Körner, Stacheln, Leisten u. s. w.) entstehen auf der äufseren Oberfläche derselben[3]).

Während auch ich früher die äufsere Haut der Pollenkörner als eine Absonderungsschicht der Pollenzelle betrachtete[4]), überzeugte ich mich später durch die Entwickelungsgeschichte der Pollenkörner von Viscum und Athaea (Bd. 1. p. 83), dafs sie in Wirklichkeit aus den äufseren Verdickungsschichten der Pollenzelle hervorgeht, deren eigentlich primäre Membran, die Specialmutterzelle nach Nägeli, sammt der Membran der Mutterzelle resorbirt wird. Aus dem Fehlen der primären Membran erklärt sich denn auch, warum die äufsere Schicht der Pollenkörner häufig durchbrochen ist und Porencanäle, desgleichen alle Verdickungsformen zeigt, die uns für die Verdickungsschichten der Zellenwand überhaupt bekannt sind. Ursprünglich wie der Zellenstoff in

---

1) v. Mohl, über den Bau und die Formen der Pollenkörner. p. 19.
2) v. Mohl, vegetabilische Zelle. p. 123.
3) Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III. p. 155.
4) Meine Pflanzenzelle. p. 93.

Schwefelsäure löslich, wird die äufsere Pollenhaut in den meisten Fällen allmälig chemisch verändert, so dafs sie, gleich den Cuticularschichten der Oberhautzellen, später dem Angriff der Säuren lange widersteht und durch concentrirte Schwefelsäure häufig eine rothe Färbung annimmt. Einige Beispiele werden zur Begründung meiner neuen Ansicht genügen.

Das grofse kugelige Pollenkorn von Nyctago longiflora mifst $\frac{60}{400}$ oder $\frac{3}{20}$ Millimetre, er ist gröfser als der Blüthenstaub der meisten mir bekannten Pflanzen und eignet sich schon deshalb für die Untersuchung ganz besonders. Trocken und unter Wasser gesehen erkennt man nur seine kugelige Gestalt, indem der körnige Inhalt und die dicke Membran das Pollenkorn ganz undurchsichtig machen; auch Citronenöl hellt dasselbe nur sehr wenig auf und man gewahrt zahlreiche runde Vertiefungen. Unter Schwefelsäure nimmt die äufsere Pollenhaut eine dunkel carminrothe Färbung an und jene Vertiefungen treten als kleine runde Löcher hervor; aufserdem erkennt man noch eine Unzahl kleiner, kurzer, stachelförmiger Erhebungen, mit denen die äufsere Pollenhaut übersäet ist; ein gelbes Oel hängt in kleinen Tropfen vielfach an denselben. Betrachtet man darauf äufserst zarte Durchschnitte eines solchen Pollenkornes, welche eine fast unmefsbar dünne Mittellamelle desselben darstellen (Taf. X. Fig. 7), so sieht man, dafs jene kreisförmigen Vertiefungen, welche vorhin als Löcher erschienen, Porencanäle in der dicken äufseren Haut des Pollenkornes sind und dafs die letztere selbst aus einer äufseren und einer inneren Schicht besteht, welche jedoch nicht scharf geschieden sind, sondern sich nur durch eine zarte Membran in der Mitte jedes Porencanals markiren (Taf. X. Fig. 8). Man überzeugt sich hier auf das Entschiedenste, dafs die zum Austritt der Pollenzelle als Pollenschlauch bestimmten Porencanäle keine offenen Löcher sind; man sieht ferner, dafs die äufsere Schicht nicht, gleich der inneren, aus einer homogenen Masse besteht, vielmehr Hohlräume von bestimmter Gestalt mit 2, 3, oder seltener mehr, nach Aufsen offenen, sehr feinen, Canälen besitzt (Taf. X. Fig. 8 *y*). Neben diesen Canälen zeigt die äufsere Schicht noch kurze stachelförmige Erhebungen (*z*). Die innere Schicht der äufseren Pollenhaut, von gleicher Stärke, dagegen ist durchaus solid und mit glatter Oberfläche. In beiden Schichten kann man bei schiefer Beleuchtung zarte Linien, den einzelnen Verdickungsschichten der Zellenwand entsprechend, erkennen. Die innere Pollenhaut ist äufserst zart und nur

als scharfe Begrenzung des körnigen Inhalts wahrzunehmen, sie schmiegt sich, als nicht zu isolirende Membran, überall der äufseren Haut dicht an, und scheint überall unter den Porencanälen etwas verdickter zu sein. Wenn man ein durch den Schnitt abgelöstes Stück der äufseren Haut von oben betrachtet (Taf. X. Fig. 9), so sieht man aufser den runden Porencanälen noch zahlreiche kleinere Kreise, welche die vorhin erwähnten kurzen Stacheln darstellen, zwischen denselben aber viel zahlreicher kleine dunkele Punkte, die Canäle der Hohlräume in der äufseren Schicht der äufseren Pollenhaut. Durch Schwefelsäure, Salpetersäure und durch Aetzkalilösung überzeugt man sich noch mehr von dem beschriebenen Bau; man findet aufserdem, dafs weder in der Vertheilung der Porencanäle noch der Stacheln eine bestimmte Regel waltet. Dagegen gelingt es weder durch Chlorzink-Jodlösung noch durch Jod und Schwefelsäure die feine Umgrenzung des Inhaltes blau zu färben; durch concentrirte Schwefelsäure verschwindet dieselbe sofort, während sich beide Schichten der äufseren Pollenhaut burgunderroth färben und der Säure kräftig widerstehen, wobei das gelbe Oel, welches oftmals die Hohlräume erfüllt und in Tropfenform am Ausgang der Canäle hängt, seine Farbe behält. — Das Pollenkorn von Mirabilis Jalapa ist ebenso gebaut.

Das Auftreten wirklicher mit Ausführungsgängen versehener Hohlräume in der äufseren Schicht der äufseren Pollenhaut ist eine Erscheinung, welche sich wohl mit der gewöhnlichen Verdickungsweise der Zellenwand durch Ablagerungsschichten, nicht aber mit der Bildung einer homogenen Ausscheidung an der Aufsenseite der Zellenwand verträgt. Erinnert man sich jetzt daran, dafs bei den Pollenkörnern überhaupt die eigentlich primäre Membran nicht mehr vorhanden ist, sondern als Specialmutterzelle vor dem Freiwerden des Pollenkorns resorbirt wird, ein Verhältnifs, dafs nur noch bei der Sporenbildung der höheren Kryptogamen beobachtet wurde, so kann es nicht befremden, dafs hier die Ausführungscanäle jener Hohlräume frei ausmünden und man bedarf deshalb der Hypothese einer Resorption der primären Zellenwand an diesen Stellen nicht. Die Bildung der äufseren Pollenhaut läfst sich dagegen sehr wohl auf die bekannte Weise der Zellenverdickung zurückführen; man darf, mit der directen Beobachtung im Einklang, annehmen, dafs zuerst die primäre Membran, die sogenannte Specialmutterzelle entsteht, auf welche sich die Verdickungsschichten, ohne sich fest mit ihr zu verbinden, ablagern. Die Erhe-

bungen der äufseren Pollenhaut als Warzen, Stacheln, Leisten u. s. w. werden danach den ähnlichen Verdickungen der Zellenwand im Allgemeinen entsprechen, welche jedoch hier, nach Aufsen weniger beschränkt, an der Aufsenseite hervortreten konnten, wie dies von Cohn[1]) bereits für einige Haargebilde nachgewiesen, von mir aber für die Oberhaut des Blattes von Gladiolus segetum beobachtet wurde, wo in der Mittellinie jeder langgestreckten Oberhautzelle eine Reihe ziemlich hoher walzenförmiger Stacheln hervortritt, welche den Stacheln des Pollenkornes von Cucurbita (Taf. X. Fig. 16) durchaus ähnlich und wie diese solid sind, auch nicht der Cuticula, sondern den Verdickungsschichten der Zellenwand selbst angehören. Die Hohlräume und ihre Canäle im Pollenkorn von Nyctago und Mirabilis lassen sich auf die Bildung der Porencanäle in den Verdickungsschichten der Zellenwand zurückführen, dasselbe möchte für die zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen gelten. Um aber die Bildung der zarten Membran zu erklären, welche bei Nyctago die äufsere Schicht von der inneren scheidet und die Austrittsstelle für den Pollenschlauch verschliefst, mufs man annehmen; dafs, nachdem die in genannter Weise vielfach durchbrochene äufsere Schicht gebildet worden, ein zartes undurchlöchertes Häutchen abgeschieden würde, welchem wiederum, aber nur in anderer Weise durchbrochene Verdickungsschichten folgten. Da wir nun wissen, dafs wesentliche Veränderungen in den auf einander folgenden Verdickungsschichten nichts Ungewöhnliches sind (Bd. I. p. 22), so glaube ich die hier gegebene muthmafsliche Entstehungsweise der Pollenhaut von Nyctago durchaus vertreten zu können; um aber zu sehen, welche Folgerungen sich aus dem beschriebenen Fall für die Bildung und Structur der Pollenhaut im Allgemeinen ableiten lassen, wendete ich dieselbe Methode der Untersuchung noch auf einige andere typische Formen des Blüthenstaubes an, welche das hier gewonnene Resultat bestätigen und erweitern.

Das Pollenkorn von Convolvulus Batatas, welches $\frac{1}{16}$ millim. mifst, ist ähnlich gebaut als der Blüthenstaub von Nyctago, seine äufsere, dicke Pollenhaut läfst ebenfalls zwei Schichten unterscheiden, die zahlreichen zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen erscheinen auch hier als in der Mitte durch eine zarte Haut verschlossene Porencanäle (Taf. X. Fig. 10). Statt der kurzen Stacheln von Nyctago sind

[1]) Cohn, de Cuticula. Vratislaviae 1850. Taf. II. Fig. 7, 12 u. 13.

hier gröfsere flaschenförmige solide Stacheln, welche genau über der Verdickung der inneren Schicht stehen; statt der mit Ausführungsgängen versehenen Hohlräume aber sind endlich diese Stacheln noch von kleinen pallisadenförmigen Stäben umstellt (Taf. X. Fig. 11), an denen farblose Oeltropfen hangen. Die innere Pollenhaut ist wie bei Nyctago zart, sie umschliefst den körnigen Inhalt und schmiegt sich überall der äufseren Haut dicht an, genau so wie die innerste Verdickungsschicht poröser Zellen sich in die Porencanäle der äufseren Schichten drängt.

Bei Cucurbita Pepo mifst das Pollenkorn $\frac{3-4}{30}$ millim., er hat 8 runde Oeffnungen, welche mit einem Deckelchen verschlossen sind. Die äufsere Pollenhaut besteht aus einer Schicht (Taf. X. Fig. 16), welche mit grofsen ziemlich regelmäfsigen Stacheln bekleidet ist, zwischen welchen die ganze Oberfläche mit zahlreichen kleineren Stacheln oder Erhebungen bedeckt erscheint, jeder Deckel hat dieselbe Structur als die Haut überhaupt; ein gelbgefärbtes Oel hängt an den kurzen Stacheln. Der Durchschnitt zeigt, dafs die Deckelchen nur eine getrennte Partie der Pollenhaut ausmachen. Der körnige Inhalt des Pollenkorns ist hier von einer mit doppelter Contour sichtbaren Zellenmembran, welche durch Jod und Schwefelsäure blau wird, umkleidet, dieselbe erscheint unter den mit Deckeln verschlossenen Oeffnungen stärker verdickt, oder zum wenigsten sehr aufgequollen und bildet hier eine flach gewölbte Erhebung. Eine solche Verdickung der inneren Pollenhaut unter den zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen kehrt bei vielen Pollenkörnern (Gossypium, Malva, Lavatera, Malope, Scorzonera Taf. X. Fig. 18—20, Corylus Taf. IX. Fig. 46, Yucca Taf. X. Fig. 15 und Campanula) wieder. Fritzsche liefs sich durch selbige zur Annahme von Zwischenkörpern, welche nicht existiren, verleiten. Meyen dagegen hielt sie für den nach Innen gestülpten Theil des später hervortretenden Pollenschlauches. Die äufsere Pollenhaut der Cucurbita wird durch concentrirte Schwefelsäure nicht roth gefärbt, dagegen nimmt das unter Wasser gelb gefärbte Oel eine blaue oder violette, durch Jod und Schwefelsäure aber eine grüne Färbung an.

Das Pollenkorn von Passiflora Lowei Heer (Taf. X. Fig. 12) ist $\frac{25-30}{400}$ millim. grofs; es hat gleich dem Pollenkorn von Cucurbita eine nur aus einer Schicht bestehende äufsere Pollenhaut (Taf. X. Fig. 13), welche bei Anwendung von Schwefelsäure in einen mittleren Theil

und 3 grofse Deckel zerfällt. Der erstere sowohl als die letzteren sind mit zierlichen leistenförmigen Erhebungen, welche von oben gesehen einem Gewebe ähnlich sind, besetzt, zahlreiche kleine Stacheln bedecken den Grund der von diesen Leisten umschlossenen Felder. Die innere Grenze der äufseren Pollenhaut ist nicht wie in den vorhergehenden Fällen glatt, sondern knotig (Taf. X. Fig. 13). Die hier sehr dicke innere Haut des Pollenkornes, welche unter Schwefelsäure verschwindet, liegt ihr dicht angeschmiegt. Oeltropfen fehlen im Umkreis der Pollenkörner.

Die leistenförmigen Bildungen auf der äufseren Pollenhaut treten bei der Abtheilung der Cichoraceen mit polyedrischen Pollenkörnern (Taf. X. Fig. 19) noch schöner hervor. Auf dem Querschnitt des Pollenkorns von Scorzonera hispanica ($\frac{20-25}{400}$ millim. grofs) erscheinen sie kammartig (Taf. X. Fig. 18), doch ist das Pollenkorn zu klein, um hier ihre Structur näher bestimmen zu können. Die äufsere Pollenhaut ist einfach, sie fehlt den drei zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen vollständig und die innere aus Zellenstoff bestehende Haut ist dafür an den drei genannten Stellen um so stärker verdickt, was nach Entfernung der äufseren Haut besonders deutlich wird (Taf. X. Fig. 20). Bei Tragopogon und bei Calendula fehlt die äufsere Pollenhaut ebenfalls an diesen Stellen und hat somit Meyen gegen v. Mohl vollkommen Recht, wenn er behauptet, dafs viele Pollenkörner wirkliche Löcher in der äufseren Pollenhaut besitzen. Ein gelbes Oel hängt in grofsen Tropfen an den Pollenkörnern.

Das Pollenkorn von Clarkia pulchella ($\frac{20-26}{400}$ millim. grofs) hat eine durchaus glatte Oberfläche; seine äufsere Pollenhaut besteht aus zwei Schichten, welche auf dem Durchschnitt spaltenartig von einander weichen (Taf. X. Fig. 17), was schon Meyen durchaus richtig abgebildet hat[1]). Beide Schichten sind aber an den drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch miteinander verbunden, was Meyen nicht gesehen hat. An den drei Austrittsstellen ist die innere Schicht, und zwar an der freien Innenseite, mit zierlichen Erhebungen versehen. Die zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen sind hier durch eine äufserst zarte Schicht der Aufsenhaut verschlossen. Die innere Membran ist äufserst zart, der Inhalt körnig, Oeltropfen fehlen.

Auch das im trockenen Zustande längliche, mit einer Längsfalte

---

[1]) Meyen, Pflanzenphysiologie. Taf. XI. Fig. 24 u. 26.

versehene (Taf. X. Fig. 14), im Wasser aber kugelig aufquellende, Pollenkorn der Yucca gloriosa, $\frac{1}{25}$ millim. grofs, hat eine glatte einfache äufsere Pollenhaut, die, wie der Querschnitt zeigt, an der einwärts gefalteten Stelle viel dünner ist, ja in der Mitte derselben gar zu fehlen scheint (Taf. X. Fig. 15), was durch die Anwendung von Schwefelsäure fast zur Gewifsheit wird. Unter dieser eingefalteten Stelle ist die überhaupt mit doppelter Contour sichtbare innere Pollenhaut, welche sich durch Jod- und Schwefelsäure blau färbt, ungleich stärker verdickt. In der Structur der Haut selbst liegt hier demnach die Eigenthümlichkeit, dafs sich das Pollenkorn beim Eintrocknen an der bestimmten Stelle falten mufs, während v. Mohl angiebt, dafs die Ursache der Faltung nicht in einer besonderen Organisation der inneren Haut zu suchen wäre, da diese nach ihm einen völlig gleichmäfsigen Bau besitzen soll[1]. — Das Pollenkorn von Gladiolus segetum ist ebenso gebaut, die Einfaltungsstelle ist aber hier mit einer deckelartigen Bekleidung der äufseren Pollenhaut verschlossen.

Die Pollenkörner von Thunbergia coccinea endlich haben eine einfache äufsere Pollenhaut, welche aus einem um die kugelige innere Pollenzelle spiralig aufgewundenen flachen Bande besteht (Taf. X. Fig. 21), das sich als solches unter Schwefelsäure, welche die innere Haut zerstört, das Band der äufseren Haut dagegen roth färbt, abrollen läfst (Taf. X. Fig. 22 und 23) und in der Regel aus einem Stück, seltener aus 2 und 3 Stücken besteht, und einestheils an die sogenannten Schleuderer der Sporen von Equisetum (p. 271), anderentheils aber an die spiraligen Verdickungen der Zellenwände überhaupt erinnert. Bei der genannten Thunbergia glatt, kehrt dasselbe Spiralband bei anderen Arten derselben Gattung mit Warzen und Stacheln besetzt wieder. Tropfen eines farblosen Oels lagern in den Vertiefungen zwischen den Bändern.

Ich glaube nicht, dafs man für die mitgetheilten Fälle, welche ich gröfstentheils (Nyctago, Mirabilis, Gossypium, Cucurbita, Convolvulus, Scorzonera, Clarkia, Lavatera, Malope, Canna, Agrostemma) durch aufbewahrte sehr elegante Präparate beweisen kann, eine andere als die eben von mir versuchte Erklärung ihres Entstehens zu geben vermag, indem schon in diesen wenigen Beispielen die verschiedenartigsten Gestalten der Verdickungsweise, die wir auch für die Membran anderer

[1]) v. Mohl, Bau und Formen der Pollenkörner. p. 28.

Pflanzenzellen kennen, wiederkehren, deren Formenreichthum aber nach Fritzsche's schönen Untersuchungen noch viel gröfser sein mufs.

Soweit jetzt meine Beobachtungen gehen, halte ich die von Fritzsche aufgestellten Unterscheidungen in 4 verschiedene Pollenhäute nicht gerechtfertigt, denn 4 Häute, welche bei den Onagrarieen vorkommen sollen, kann ich, im Einklang mit Meyen, dort (bei Clarkia und Oenothera) nicht finden; es sind nur 3 Schichten vorhanden. Ich kann überhaupt nur zwei, eine äufsere und eine innere Pollenhaut, demnach eine Exine und eine Intine, oder eine Aufsen- und Innenhaut des Pollens, welche sich chemisch von einander unterscheiden, annehmen. Die Aufsenhaut kann fehlen, bei Zostera und nach Fritzsche auch bei Najas, Ruppia und Zanichellia, überhaupt, wie es scheint, bei den unter Wasser blühenden Gewächsen; die Innenhaut fehlt dagegen niemals, allein sie kann oftmals sehr zart erscheinen und sich dadurch beinahe der Beobachtung entziehen, bei Nyctago, Mirabilis, Convolvulus und Clarkia; sie kann aber auch von bedeutender Stärke auftreten, bei Passiflora und bei Canna, wo die einfache äufsere Haut sehr zart, aber mit warzenförmigen Erhebungen besetzt ist; sie kann endlich von ungleicher Stärke und zwar unter den Austrittsstellen des Pollenschlauches stärker verdickt erscheinen; bei Yucca, Gladiolus, Cucurbita, Scorzonera, Gossypium, Malva, Lavatera, Malope, Campanula u. s. w. Die innere Pollenhaut hat niemals Oeffnungen. Eine doppelte Schicht der inneren Haut möchte nur bei dem Pollen der Nadelhölzer vorkommen (Taf. X. Fig. 3), dort aber eine andere Erklärung finden. Die Aufsenhaut kann dick oder dünn, einfach (Cucurbita, die Cichoraceen, Canna) oder aus 2 Schichten bestehend (Nyctago, Mirabilis, Convolvulus, Clarkia, die Malvaceen) auftreten; sie kann glatt, aber auch mit Warzen, Stacheln und leistenförmigen Erhebungen besetzt sein und eine bestimmte Anzahl verdünnter Stellen oder offener Löcher (Scorzonera, Tragopogon, Calendula) für den Austritt des Pollenschlauches besitzen. Diese Austrittsstellen können als Porencanäle (bei Nyctago und Convolvulus), aber auch als mit Deckeln verschlossene Löcher (Cucurbita, Alsina, Stellaria, Agrostemma) erscheinen. Es können endlich aufser den Porencanälen noch hohle Räume mit offenen Ausführungsgängen (Nyctago, Mirabilis) vorkommen, welche in den kleinen, dicht nebeneinanderstehenden, stabförmigen, Erhebungen bei Convolvulus und Cucumis, desgleichen in der nicht ganz klaren Zeichnung der Leisten von Scor-

zonera wiederkehren. Bei Malope grandiflora sind diese hohlen Räume am zierlichsten und zugleich am deutlichsten entwickelt. Bei Althaea rosea fehlen dieselben. — Es scheint als ob überall, wo offene Löcher oder auch Deckel in der Aufsenhaut vorkommen, unter diesen Löchern die Innenhaut Verdickungen (Aufquellungen ?) besitzt.

v. Mohl hat die Formen der Pollenkörner für eine grofse Anzahl von Pflanzen, sowohl vergleichend miteinander als auch nach den Familien geordnet, zusammengestellt, und ist dabei zu dem Resultat gekommen, dafs gar nicht selten sogar unter den Arten einer Gattung verschiedene Formen vorkommen, im Allgemeinen aber die Gestalten der Pollenkörner für bestimmte Familien oder deren Abtheilungen ziemlich constant sind.

Die von mir untersuchten Pollenkörner lassen sich folgendermafsen unterordnen:

1. Ohne deutlich erkennbare Stellen für den Austritt des Pollenschlauches: Matthiola madeirensis, Cephalanthera, Limodorum, Furcroya, Anona, Oreodaphne, Persea.

2. Mit einer Stelle zum Austritt des Pollenschlauches: Musa, Strelitzia, Bromelia, Gladiolus, Yucca, Phormium, Saccharum, Triticum und überhaupt die Mehrzahl der Monocotyledonen; Cypripedium, Watsonia u. s. w. sollen nach v. Mohl zwei Austrittsstellen besitzen.

3. Mit zwei Austrittsstellen: Ficus comosa und nach Fritzsche Justicia, Beloperome, Banksia, desgleichen Limnanthes mit gekrümmter Form des Pollenkorns.

4. Mit drei Austrittsstellen: Onagrarieae (Clarkia, Oenothera, Fuchsia, Epilobium), Proteaceae (Manglesia, Hakea), Viola, Rhinanthaceae (Rhinanthus, Melampyrum), Orobancheae (Orobanche, Lathraea), Cupuliferae (Fagus, Quercus, Castanea, Corylus, Carpinus), Betulineae (Betula, Alnus), Tilia, Fraxinus, Loranthaceae (Viscum, Arceuthobium), Ericaceae (Clethra, Visnea, Monotropa), Lythrarieae (Lythrum, Cuphea), Vitis, Cleome, Euphorbiaceae (Euphorbia canariensis, Poinsettia), Ilex, Sollia, Amsonia, Ceanothus, Polycarena, Carica Papaya, Ardisia, Bugenvillea, Coffea, Mangifera, Isoplexis, Borragineae (Borrago, Ecchium, Anchusa), Compositae (Scorzonera, Tragopogon, Calendula), Haliota. Diese Form des Pollens ist bei den dicotyledonen Pflanzen am häufigsten vertreten[1]).

---

[1]) Die Zahl der Austrittsstellen ist aber keineswegs durchaus constant, so findet man bei Oenothera gar nicht selten Pollenkörner mit 4 Austrittsstellen.

5. Mit vier bis fünf Austrittsstellen: Impatiens, Ulmus, Stylidium, Alnus, Carpinus, Bombax, Campanula.

6. Mit acht oder mit vielen Oeffnungen: Malvaceae (Malva, Hibiscus, Gossypium, Althaea, Lavatera, Malope), Amaranthaceae (Albersia, Celosia), Chenopodiaceae (Beta), Convolvulus, Nyctago, Mirabilis, Ipomaea, Opuntia (Haliota, ebenfalls zu den Cacteen gehörig, hat nur drei solcher Stellen) Alsineae (Alsine, Stellaria, Cerasticum), Sileneae (Gypsophila, Agrostemma), Cucurbita Pepo und nach Fritzsche bei Cactus, Fumaria, Polemonium, Cobaea.

7. Pollenkörner zu vier vereinigt; bei den Orchideen mit gelappter Pollenmasse, bei vielen Ericaceen (Pyrola), bei Typha, Furcroya, Anona. Sechszehn Zellen mit einander verbunden bei Acacia.

8. Pollenkörner mit bandartig entwickelter Aufsenhaut. Als Spiralband bei Thunbergia und nach Fritzsche auch bei Berberis; in zierlichen Bändern und deckelartigen Gestalten bei den Passifloreen und nach Fritzsche bei Justicia.

9. Mit Deckeln in der Aufsenhaut, welche beim Austritt des Pollenschlauches in die Höhe gehoben werden: Cucurbita, Stellaria, Agrostemma und nach Fritzsche auch Scabiosa.

Aufserdem lassen sich noch die Formen unterscheiden, wo die Austrittsstellen im trockenen Zustande in einer Längsfalte liegen, was namentlich für die Pollenkörner vieler Monocotyledonen mit einer Austrittsstelle und für den Blüthenstaub mit 2 und 3 Austrittsstellen gilt, allein durchaus nicht allgemeine Geltung hat. Das Pollenkorn der Gramineen z. B. hat keine Falte, ebenso aller Blüthenstaub mit dicker Aufsenhaut (Onagrarieae, Compositae u. s. w.), dagegen bildet die Austrittsstelle bei den Liliaceen, Irideen u. s. w., desgleichen bilden die 3 Austrittsstellen bei den Cupuliferen ebenso viele Längsfalten. Auch kann man kugelige, längliche, dreieckige und polyedrische Formen der Pollenkörner unterscheiden.

Ebenso verschieden als die Formen ist auch die Gröfse der Pollenkörner, welche für dieselbe Pflanze ziemlich constant ist. Die gröfsten Pollenkörner habe ich bei den Malvaceen und Nyctagineen, die kleinsten bei den Ficus-Arten gefunden (das Pollenkorn der Malope grandiflora mifst $\frac{40}{400}$ millim. im Durchmesser, das Pollenkorn von Ficus elastica dagegen nur $\frac{1}{250}$ millim.). Während nun bei allen anderen Pflanzen, soweit jetzt bekannt, die innere Pollenhaut selbst durch Ausdehnung an einer bestimmten Stelle als Pollenschlauch hervortritt (Taf. X.

Fig. 5), wovon man sich am besten überzeugt, wenn man die äufsere Haut durch Rollen mit der Deckplatte entfernt (Taf. X. Fig. 6), so bilden sich bei den Coniferen und wahrscheinlich auch bei den Cycadeen, in der eigentlichen Pollenzelle erst Tochterzellen, deren eine zum Pollenschlauch wird. Fritzsche, der diese Zellenbildung wohl zuerst gesehen, hat sie gänzlich verkannt und als Zwischenkörper beschrieben, Meyen dagegen hat sowohl bei Larix als auch bei Pinus die Sache richtig aufgefafst; aber die Bildung des Pollenschlauches aus einer dieser Tochterzellen ist erst viel später, von Geléznow, beobachtet worden. Ich[1]) habe darauf gezeigt, dafs eine Bildung von Tochterzellen in der Pollenzelle allen Coniferen eigen ist und dafs sich hier zwei Typen unterscheiden lassen, nämlich 1. mit Bildung zweier Tochterzellen von ungleicher Gröfse (Taf. X. Fig. 2), deren gröfsere zum Pollenschlauch wird, der die aufquellende Mutterzelle durchbricht, wobei die Aufsenhaut des Pollenkorns als zweiklappige Hülle abgestreift wird (Taxus, Thuja, Cupressus, Taf. X. Fig. 3); 2. mit Bildung zweier Tochterzellen von ungleicher Gröfse, deren kleinere sich mehrmals in wagerechter Richtung theilt und so einen mehrzelligen Körper im Innern des Pollenkorns bildet, dessen Endzelle zuletzt als Pollenschlauch hervortritt, wobei ebenfalls die Aufsenhaut abgestreift wird (Larix, Pinus, Picea [Fig. 238], Abies, Podocarpus, Ephedra, Taf. X. Fig. 4). Diese Zellenbildung im Innern des Pollenkorns erscheint erst kurz vor dem Verstäuben der Anthere und hierin ist der Grund zu suchen, dafs sie so lange unbekannt geblieben. Meyen will noch vor-

Fig. 238.

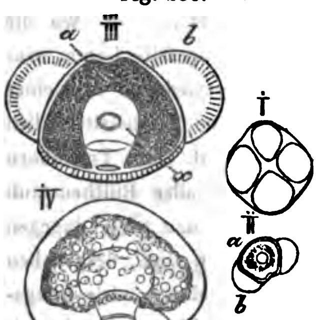


Fig. 238. Blüthenstaub von Picea vulgaris. I Die Mutterzelle mit den vier Specialmutterzellen, aus denen die jungen Pollenkörner durch Wasseraufsaugung hervorgetreten sind. II Ein solches Pollenkorn, schon mit dem centralen Theile (*a*) und den beiden seitlichen Anhängen (*b*) versehen. III Ein reifes Pollenkorn, *x* der Zellenkörper, dessen freie Endzelle später den Pollenschlauch bildet. IV Die innere Pollenhaut, durch Anwendung von Salpetersäure aus der äufseren Pollenhaut hervorgetreten. (I und II 200mal, III und IV 300mal vergröfsert.)

1) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. p. 148 u. 284.

übergehende Zellenbildungen im Innern des Pollenkorns einiger Liliaceen beobachtet haben.

Der Pollen der Abietineen und des Podocarpus hat eine sehr eigenthümliche Gestalt, er besteht nämlich aus einem mittleren Theil und zwei halbkugeligen seitlichen Anhängseln (Fig. 238) die Aufsenhaut scheint hier aus zwei (?) Schichten zu bestehen. Meyen glaubte, dafs 3 Pollenkörner zu einem mittleren fruchtbaren und 2 sterilen seitlichen Körnern verwachsen wären; allein diese Ansicht beruht auf einem Irrthum, indem eine einfache Innenhaut, welche sogar, wenn sie durch Anwendung von Salpetersäure frei heraustritt, durch Aufnahme von Flüssigkeit ihre Gestalt verändert und eine rundliche Blase darstellt, die äufsere Haut mit ihren Anhängseln ganz ausfüllt, so dafs selbige alsdann leer erscheint. Die seitlichen Anhängsel bilden sich überdies schon vor der Resorption der Specialmutterzellen.

Der Inhalt der Pollenkörner, die Fovilla, besteht aus einer Flüssigkeit, welche immer Eiweifsstoffe gelöst oder als körniges Protoplasma suspendirt, desgleichen meistens Zucker enthält, weshalb Schwefelsäure oftmals eine rosenrothe Färbung bewirkt. Gröfsere und kleinere Körner, welche theils durch Jod blau, häufig aber auch nur gelb gefärbt werden (Stärkemehl und vielleicht Inulin), desgleichen Tropfen eines fetten Oeles sind in dieser Flüssigkeit verbreitet. Bei den schlauchförmigen Pollenkörnern der Zostera beobachtet man eine deutliche Circulation des Protoplasma, der Saftströmung der Charen ähnlich, welche Erscheinung bisweilen auch bei ganz frisch von der Narbe gehobenen Pollenschläuchen wahrgenommen wird[1]). Die gröfseren Körnchen (Stärkmehl, Oeltropfen u. s. w.) dieser Fovilla zeigen im Wasser vertheilt immer die bekannte Molecularbewegung, allein bis jetzt ist es Niemand gelungen, im Inhalt des Pollenkornes bewegliche Samenkörper oder Schwärmfäden zu finden; selbst im Momente der Befruchtung besteht die Fovilla noch aus denselben Körnchen von ungleicher Gröfse, nur ist das Stärkmehl meistens verschwunden. Im Pollenschlauch von Citrus habe ich dagegen zur Zeit der Befruchtung kleine, länglich runde, bewegungslose, Körper wahrgenommen, welche durch Jod gelb gefärbt werden und hier die Befruchtung zu vermitteln scheinen. Meyen und alle, welche im Pollenschlauch Samenthiere zu sehen glaubten, sind durch die Molecularbewegung getäuscht

[1]) Amici, welcher die Pollenschläuche entdeckte, hat auch diese Circulation, bei Portulaca, zuerst gesehen.

worden. — Ein, wie es scheint, immer centraler Zellenkern fehlt dem Pollenkorn niemals, allein er ist des körnigen dunkelen Stoffes halber, oft schwer sichtbar zu machen.

Der Inhalt des Pollenkornes besitzt eine grofse Verwandtschaft zum Wasser; das trockene, meist zusammengesunkene, oder gefaltete Pollenkorn quillt sofort wieder auf, eine glatte Form annehmend; ja nicht selten ist die Wasseraufnahme so bedeutend, dafs die innere Membran schlauchartig aus den zum Austritt des Pollenschlauches bestimmten Stellen hervorgedrängt wird, oder gar zerreifst, worauf der körnige Inhalt in der Regel darmförmig hervorquillt. Das Hervortreten des Schlauches scheint bei vielen Pflanzen durch den an dieser Stelle reichlicher abgelagerten Zellenstoff sehr begünstigt zu werden, so dafs die fast augenblickliche Bildung des Schlauches durch eine Ausdehnung der hier stärker verdickten, auch, wie es scheint, weniger verdichteten Zellenstoffwand erfolgt und auf gleiche Weise das normale erste Hervortreten des Pollenschlauches, durch die Feuchtigkeit der Narbe, zu erklären ist. Die innere Pollenhaut quillt in denjenigen Fällen, wo sie stark entwickelt ist (bei Passiflora und Canna), in Wasser bedeutend auf, sie dehnt sich aus, während die äufsere Haut ihr nicht zu folgen vermag, was auf dünnen Querschnitten eine Umwendung der Häute des Pollenkorns zur Folge hat, so dafs die Innenhaut nach Aufsen tritt.

Der auf der Narbe entstandene Pollenschlauch wächst darauf, durch die Ausschwitzung derselben und des leitenden Zellengewebes im Staubwegcanal und wahrscheinlich auch durch die reichliche Nahrung seiner eigenen Fovilla erhalten, und zwar, wie es scheint, zunächst an seiner Spitze weiter; er verzweigt sich auch nicht selten, z. B. bei der Buche fast normal (Taf. VIII. Fig. 42), seltener bei den Nadelhölzern, auch einzeln bei Crocus, Oenothera muricata und Viola (Fig. 240. p. 378), so dafs ein Pollenschlauch möglicher Weise mehrere Samenknospen befruchten kann. Eine Zellenbildung im Pollenschlauch ist mit Ausnahme der Coniferen, wo selbige (ob normal oder abnorm?) bisweilen vorkommt, nicht beobachtet. Als lange, meistens dünnwandige, Röhren steigen die Pollenschläuche bei den mit einem Fruchtknoten versehenen Gewächsen durch den Staubwegcanal in die Fruchtknotenhöhle hinab. Die ersten Pollenschläuche wurden von Amici[1]) gesehen.

Das Oel, welches viele Pollenkörner umgiebt und oftmals dem

---

[1]) Amici, Atti della Societ. ital. resid. in Modena. 1823.

Blüthenstaub in Masse seine Farbe verleiht, bei den Liliaceen, Phormium, Scorzonera, Nyctago, wird entweder von dem Polleninhalt durch die Membran des Pollenkorns ausgeschwitzt, wofür vielleicht das Vorkommen dieses Oeles in den Hohlräumen der äufseren Pollenhaut von Nyctago sprechen möchte, oder es ist ein Zersetzungsproduct der Mutterzellenhäute und derjenigen Zellen, welche die letzteren ernähren und beim Reifen der Anthere verschwinden, was in dem reichlichen Vorkommen dieses Oeles längs der inneren Wandung der Antherenfächer eine Stütze findet. Entschieden ist dieses oftmals schön gefärbte Oel als solches in der Fovilla des Pollenkornes nicht vorhanden. Bei Gossypium und Malope ist es weniger ölartig, sondern mehr als kleberige, fadenziehende Masse vorhanden und bei den Onagrarien findet man statt seiner kleberige Fäden, welche die Pollenkörner umgeben.

Nach Reissek und Karsten[1]) entwickeln sich aus den Pollenschläuchen, wenn selbige durch ein saftiges Pflanzengewebe ernährt (im Mark eines Dahlia-Stengels) fortwachsen, Zellenformen, welche Pilzfäden ähnlich sind, ja bisweilen mit einer Pilzfructification hervortreten sollen (?) — Göppert[2]) hat fossilen Blüthenstaub gefunden[3]).

---

[1]) Reissek, über die selbstständige Entwickelung der Pollenzelle zur keimtragenden Pflanze. Nova acta academiae Leop. Carol. XXI. 8. — Karsten, botanische Zeitung 1849. p. 361.

[2]) Göppert, de floribus in statu fossili. Breslau 1837.

[3]) Zur Literatur über den Pollen:

Decaisne, sur le dévéloppement du pollen, de l'ovule et sur la structure des tiges du Gui (Viscum album). Mém. de l'acad. de Bruxelles. XIII. 1840.
Fritzsche, über den Pollen. Petersburg 1837.
Goldmann, Entwickelungsgeschichte des Pollens von Gloxinia. Bot. Zeit. 1848. p. 873.
Grieswald, Beitrag zur Entwickelung des Pollens. Linnaea 1852.
Hofmeister, über die Entwickelung des Pollens. Bot. Zeit. 1848.
Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III.
v. Mohl, über den Bau und die Formen der Pollenkörner. Bern 1834. — Ders., vegetabilische Zelle. p. 123—124.
Nägeli, zur Entwickelungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen. Zürich 1842.
Pringsheim, Bau der Pflanzenzelle. Berlin 1855.
Purkinje, de cellulis antherarum fibrosis. Vratislaviae 1830.
Reichenbach, fil. de pollinis orchidearum genesi et structura. Leipzig 1852.
Schleiden, Grundzüge. Bd. II. p. 293—298.
Unger, merismatische Zellenbildung bei der Bildung des Pollens. 1844.
Wimmel, Entwickelungsgeschichte des Pollens. Bot. Zeit. 1850. p. 225.

Die Bestäubung.

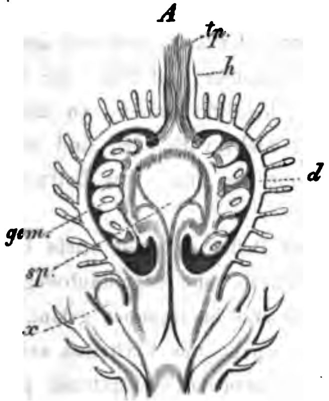
§. 78. Bei dem Vorgange der Befruchtung hat man zwischen der Bestäubung und dem Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Keimkörperchen im Embryosack der Samenknospe zu unterscheiden. Der letztgenannte Vorgang, von welchem das Entstehen der Keimanlage abhängt, wird in der Regel, und mit Recht, als die eigentliche Befruchtung bezeichnet. Die Zeit, welche der Pollenschlauch gebraucht, um von der Narbe durch den Staubwegcanal bis an die Samenknospen in der Fruchtknotenhöhle zu gelangen, ist nach den Pflanzen sehr verschieden. Die Länge des Staubweges und die demselben entsprechende Länge der Pollenschläuche kommt hier weniger in Betracht als die nach den Pflanzen verschiedene Lebensthätigkeit der letzteren; bei einem sehr kurzen Staubweg gebraucht der Pollenschlauch oftmals mehr Zeit als bei einem um 50mal längeren Stylus einer anderen Pflanze. (Bei Gladiolus segetum gelangen die Pollenschläuche in weniger als 3 Tagen von der Narbe durch den zwei Zoll langen Staubweg bis zur Samenknospe, bei Colchicum brauchen sie nach Hofmeister nur 10—12 Stunden.) Die Bildung der Pollenschläuche erfolgt auf der Narbe, die in den meisten Fällen eine an Nahrungsstoffen, Zucker, Gummi und stickstoffhaltigem Schleim, reiche Flüssigkeit, die sogenannte Narbenfeuchtigkeit, absondert, welche durch Diffusion von der inneren Pollenhaut aufgenommen wird und deren Wachsthum veranlafst, dessen Resultat der Pollenschlauch ist. Nur in seltenen Fällen tritt aus einem Pollenkorn mehr als ein Schlauch hervor, obschon am Pollenkorn sehr vieler Pflanzen mehrere Oeffnungen oder verdünnte Stellen der Cuticula zum Austritt des Schlauches vorhanden sind. Nur bei wenig Pflanzen treibt das Pollenkorn schon innerhalb der Anthere Schläuche (bei Limodorum abortivum, bei Cupressus, Strelitzia regina und S. Augusta.

Wie nun die Narbe durch das Secret ihrer Oberhaut die erste Bildung der Pollenschläuche veranlafst, so fördert das gleichfalls secernirende Gewebe der inneren Fläche des Staubwegcanals, welcher in der Regel eine durch die secernirenden Zellen sehr verengerte Röhre bildet, die weitere Ernährung und geleitet dieselben sicher in die Fruchtknotenhöhle hinab (Fig. 239). Dies Gewebe wird deshalb auch als das leitende Gewebe (thela conductrix) des Staubwegcanals bezeichnet; durch dasselbe, welches sich längs der inneren Wand der

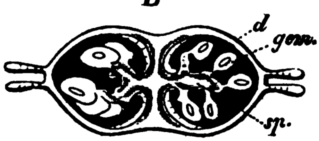
Fruchtknotenhöhle fortsetzt, gelangen die Pollenschläuche endlich bis zum Knospenmund der Samenknospen. Bei den Pflanzen mit wandständigen Samenträgern, welche ihrer Stellung nach den einwärts geschlagenen Rändern der Fruchtblätter entsprechen, bildet, gleichfalls diesen Rändern entsprechend, das leitende Gewebe Vorsprünge im Staubwegcanal, welche als vorstehende Längsleisten bis in die Fruchtknotenhöhle verlaufen und dort als wandständige Samenträger endigen (p. 321). Die Pollenschläuche steigen in solchen Fällen vielfach als ebenso viele, oder bei den Orchideen mit gespaltenen Samenträgern als doppelt so viele Stränge, als Samenträger vorhanden sind, gesellig in die Fruchtknotenhöhle hinunter.

Fig. 239.

A



B



Bei den Nadelhölzern und bei den Cycadeen, wo der Fruchtknoten fehlt, gelangt das Pollenkorn unmittelbar auf die Samenknospe. Die einfache Knospenhülle und der Knospenkern secerniren hier eine ähnliche Flüssigkeit als bei den übrigen Pflanzen Narbe und Staubwegcanal aussondern, selbige veranlafst die Bildung der Schläuche und bezeichnet ihnen gleichfalls ihren Verlauf bis zum Embryosack. Bei Araucaria brasiliensis werden die Schläuche schon zwischen den Samenschuppen gebildet und hängen als lange, weifse Fäden aus dem Knospenmund der Samenknospe (Taf. X. Fig. 27).

In vielen Fällen wird der obere Theil des Pollenschlauches, wenn das untere Ende sein Ziel erreicht hat, nicht mehr ernährt, er vertrocknet alsdann mit der Narbe; man findet in solchem Falle wohl

Fig. 239. *A* Längsschnitt durch den Fruchtknoten von Veronica serpyllifolia zur Blüthezeit, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *gem* Samenknospe, *h* unterer Theil des Staubweges, von Pollenschläuchen (*tp*), welche in die beiden Fruchtknotenfächer herabsteigen, erfüllt, *sp* der Samenträger, *x* eine Ausbreitung des Blüthenbodens (Discus). *B* Ein Querschnitt durch die Mitte des Fruchtknotens. (Vergröfserung 30 mal.)

in der Fruchtknotenhöhle oder im Staubwegcanal die Schläuche, aber man vermifst den Zusammenhang derselben mit dem Pollenkorn, dem sie vormals entsprungen sind, wodurch sich Rob. Brown täuschen liefs, indem er die Pollenschläuche der Orchideen für Zellen des leitenden Gewebes erklärte[1]). Dies gilt namentlich für diejenigen Pflanzen, bei welchen die Bestäubung und die Befruchtung der Zeit nach weit auseinanderfallen, z. B. für die Haselnufs, Hainbuche und Erle, die im ersten Frühjahr (die Haselnufs im Februar) bestäubt werden, zu einer Zeit, wo die beiden Samenknospen noch nicht vorhanden sind und erst im Sommer (die Haselnufs gegen Ende des Juni) zur Befruchtung kommen.

Die Narbe mit den oberen Theilen der Pollenschläuche stirbt bei diesen Pflanzen frühzeitig ab; im leitenden Gewebe des Staubweges bleiben jedoch die Schläuche lebendig und erst im Sommer gelangen sie in den Fruchtknoten und zur Samenknospe. Dies Verhalten erinnert an einige Insecten, für welche eine einmalige Begattung genügt, indem der männliche Same in einem besonderen Behälter (der Samentasche) für lange Zeit lebendig bleibt. Bei vielen Nadelhölzern (Pinus, Juniperus) erfolgt die Bestäubung in dem einen Jahr und die Befruchtung in dem andern; hier bleibt das Pollenkorn entweder ein Jahr lang scheinbar unthätig, oder er treibt schon im ersten Jahre seinen Schlauch und dieser verweilt bis zum anderen Jahre im Gewebe der Samenknospe. Derartige Nadelhölzer haben deshalb eine 2- oder gar 3jährige Samenreife. Abies, Picea, Larix, Taxus, Podocarpus, Araucaria, Thuja, Cupressus und Ephedra haben einjährige Samenreife, die meisten Pinus-Arten haben eine 2jährige Samenreife, Pinus Pinea dagegen bedarf, gleich Juniperus, dreier Jahre, um ihre Samen zu reifen. Bei Colchicum autumnale gelangt nach Hofmeister der Pollenschlauch im Herbst zum Embryosack, aber erst im kommenden Frühling (April) zeigen sich die ersten Erscheinungen der Befruchtung. — Bei Citrus nobilis fallen Ende Mai (in Funchal) Anthere und Staubweg vom Fruchtknoten, der Pollenschlauch ist schon bis zum Embryosack hinabgestiegen, die Befruchtung aber erfolgt erst zu Ende des Juni.

Der Pollenschlauch kann sich als eine selbstständige Zelle, nach

[1]) Schleiden giebt eine Herzählung derjenigen Pflanzen, bei welchen er den Pollenschlauch vom Pollenkorn bis zu den Samenknospen verfolgt hat. Grundzüge Aufl. II. Bd. II. p. 365.

der Weise, in welcher er ernährt wird, nach verschiedenen Seiten ausbreiten; er kann überdies an der einen Stelle dicker, an der anderen dagegen dünner werden, er kann sogar wie bei Taxus, Thuja und Araucaria blasenartige Anschwellungen, oder wie bei Fagus lange seitliche Verzweigungen (Taf. VIII. Fig. 42) treiben. — Für manche Pflanzen sind derartige Verhältnisse ziemlich constant, so in den angeführten Fällen, für andere sind sie dagegen zufällig; man kann deshalb für den Pollenschlauch einer gegebenen Pflanze weder eine bestimmte Länge, noch eine bestimmte Breite und ebensowenig ein sich unter allen Umständen gleich bleibendes Verhalten angeben. Wenn sich der Pollenschlauch verzweigt, so kann jeder Zweig desselben eine besondere Samenknospe befruchten. Verzweigte Pollenschläuche hatte schon Meyen gesehen, Gélóznow hat sie bei mehreren Cruciferen gefunden, ich habe sie bei Viola tricolor, bei Oenothera muricata, bei Crocus vernus[1]), bei Thuja[2]) und bei Araucaria beobachtet (p. 370).

Der Inhalt des Pollenschlauches besteht aufser der Zellenflüssigkeit und aufser dem stickstoffhaltigen Schleim (v. Mohl's Protoplasma) noch aus körnigen Stoffen, als Stärkmehl, Inulin (?), ferner aus kleinen Oeltropfen; im Zellensaft sind aufserdem in der Regel noch Zucker und Dextrin (?) gelöst vorhanden. Die körnigen Stoffe im Pollenschlauch zeigen häufig eine Molecularbewegung und haben durch selbige früher zu der Annahme der Gegenwart beweglicher Samenfäden im Pollenschlauch Veranlassung gegeben (p. 369). — Auch Hofmeister's Vermuthung, dafs im Pollenschlauch der Nadelhölzer Samenfäden vorkommen möchten, hat sich bis jetzt nicht bestätigt. — Wenn der Pollenschlauch bis zum Embryosack der Samenknospe gelangt, ist das Stärkmehl in der Regel verschwunden; nur bei den Nadelhölzern (Pinus silvestris und P. Srobus) ist der ins Corpusculum getretene Pollenschlauch bisweilen noch mit Stärkmehlkörnern angefüllt. Das letztere scheint überhaupt mit der Bildung neuer Zellen nicht verträglich zu sein; ich kenne zum wenigsten keinen Fall einer Zellenbildung bei Gegenwart von Stärkmehl in der Mutterzelle.

Die Membran des Pollenschlauches ist eine Zellstoffwandung, sie entspricht einer wahren Zellenmembran; ihre Verdickung erfolgt durch Ablagerung von Schichten, wie sich dies bei der Anschwellung des Pollenschlauches im Knospenmunde (bei Carica Papaya und nach Crüger

1) Flora 1858.
2) Mikroskop. Zweite Aufl. Taf. IV. Fig. 15.

bei Tradescantia) bisweilen deutlich zeigt, auch scheint der Pollenschlauch vorzugsweise an seiner Spitze zu wachsen, indem diese, ehe er sein Ziel erreicht hat, in der Regel am zartesten ist.

Die Bestäubung erfolgt bei der Mehrzahl der Pflanzen auf sehr einfache Weise; namentlich gilt dies für alle Zwitterblüthen, wo die sich öffnende Anthere ihren Blüthenstaub in verschiedener Art auf die Narbe überträgt. Bei einigen Pflanzen treten für diesen Zweck Bewegungserscheinungen auf, so legt sich z. B. bei Berberis und bei Parnassia der sich öffnende Staubfaden unmittelbar auf die Narbe, von der er vorher ziemlich weit entfernt war. Bei den Campanulaceen wächst dagegen der mit langen Haaren bürstenartig dicht besetzte Staubweg erst zur Zeit des Aufspringens der Antheren zwischen dieselben hervor und nimmt dadurch ihre Pollenkörner auf seine Haare, welche sich später einstülpen und damit den an ihnen hängenden Blüthenstaub abstreifen und dem Winde zur Beförderung auf die Narbe übergeben. Die Luftströmungen sind überhaupt für die Bestäubung der Pflanzen sehr wichtig; sogar für die Zwitterblüthen, noch mehr aber für die Blüthen getrennter Geschlechter sind sie unentbehrlich. Viele Meilen weit führt oft der Wind als sogenannter Schwefelregen den Blüthenstaub der Nadelhölzer. Aus der Windrichtung erklärt es sich auch, warum bei Bäumen getrennten Geschlechtes, z. B. bei Taxus und Juniperus, wenn die Geschlechter weit von einander stehen, in dem einen Jahre die Bestäubung erfolgt, während sie in dem anderen unterbleibt. Bei noch anderen Pflanzen, z. B. bei vielen Orchideen und bei den Asclepiadeen, sind wiederum die Insecten zur Bestäubung nothwendig, weil die Lage der Antheren zur Narbe, noch mehr aber die Beschaffenheit des Blüthenstaubes selbst, hier eine Bestäubung auf dem gewöhnlichen Wege unmöglich macht. Limodorum und die Cephalantera-Arten bestäuben sich selbst, ebenso Stylidium adnatum. Für die meisten Feigenarten scheint ebenfalls die Mitwirkung der Insecten nothwendig, weil hier im Innern eines geschlossenen Bechers bei eingeschlechtigen Blüthen der Wind nicht wirken kann. Bei einigen Wasserpflanzen mit getrenntem Geschlecht (Valisneria) endlich geschieht die Bestäubung durch den Wellenschlag, der die männlichen sich ablösenden Blüthen den weiblichen Blumen zuführt.

Die Beschaffenheit der Narbe zur Zeit des Verstäubens der Antheren ist für die Befruchtung von grofser Bedeutung; wenn die Narbe nicht gehörig secernirt, so haftet auf ihr der Blüthenstaub nicht, oder

er treibt zum wenigsten keine Schläuche, deshalb ist eine sehr anhaltende Dürre für das Getreide und das Steinobst zur Zeit der Bestäubung nachtheilig. Feuchte warme Luft und ein milder Wind befördern unter allen Umständen, sowohl die Bestäubung als auch die Befruchtung. (Die ächte Kastanie, deren Früchte auf Madeira als Nahrungsmittel sehr wichtig werden, ist zur Blüthezeit für die Witterung sehr empfindlich, bei günstigem Wetter setzt sie reichlich an, bei ungünstigem oftmals gar nicht.) Heftige Schlagregen zur Blüthezeit sind, da sie den Blüthenstaub von der Narbe spülen und letztere selbst beschädigen, immer sehr nachtheilig, ebenso anhaltende Stürme.

Die Samenknospe und der Embryosack.

§. 79. Um jetzt den Vorgang der Befruchtung richtig zu verstehen, mufs man zuerst den Bau der Samenknospe vor der Befruchtung aufs genaueste kennen lernen.

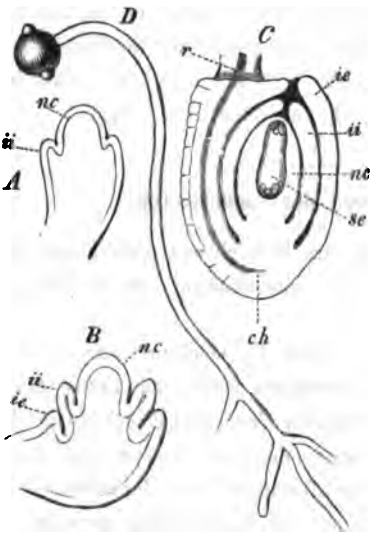
Die Samenknospe (gemmula), auch Ei (Ovulum) genannt, tritt gleich jeder anderen Stammknospe zuerst als kleine, aus zarten Zellen bestehende Erhebung hervor, welche dem Vegetationskegel entspricht, und später zum Knospenkern (Nucleus) der Samenknospe wird. Unter dieser Erhebung entsteht darauf ein kreisförmiger Wulst, der einem Discus vergleichbar ist; derselbe erhebt sich mit dem Knospenkern und wird zur Knospenhülle (zum Integument). Häufig bildet sich darauf unter dem ersten Wulst noch ein zweiter, welcher sich mit dem ersten, und zwar dann als äufsere Knospenhülle, erhebt. In diesem Falle erhält die Samenknospe zwei Integumente. Es kann aber auch die Bildung der Knospenhüllen gänzlich unterbleiben und die Samenknospe als nackter Knospenkern auftreten. Da sich jede Knospenhülle gewissermafsen mantelartig um den Knospenkern erhebt, so mufs natürlich der Rand der Hülle über dem Knospenkern eine Oeffnung behalten; diese Oeffnung nennt man den Knospenmund (Mikropyle). Wenn die Knospenhülle fehlt, beim nackten Knospenkern, so fehlt natürlich auch der Knospenmund; wenn 1 Integument vorhanden ist, so erscheint dem entsprechend nur ein einfacher Knospenmund, wenn dagegen 2 Integumente auftreten, so redet man von einem doppelten Knospenmund (Endostom und Exostom). Die Spitze des Knospenkerns wird Kernwarze (Mamilla nuclei) genannt (Fig. 240).

Samenknospen mit nacktem Knospenkern sind den Hippurideen,

den Halorageen, den Santalaceen und der Balanophora eigen. Auch Coffea arabica hat einen nackten Knospenkern, während nach Hofmeister die Rubiaceen ein einfaches Integument besitzen.

Samenknospen mit einem Integument finden sich bei den falschen Cupuliferen, den Betulineen, den Juglandeen, den Asclepiadeen, ferner in der ganzen Gruppe der Personaten und ebenso bei den Labiaten und Borragineen, desgleichen bei den Coniferen, nur Podocarpus hat 2 Integumente (Fig. 243. p. 380).

Fig. 240.



Samenknospen mit zwei Integumenten besitzen sämmtliche monocotyledone Pflanzen, die Amaryllideen, mit einer Knospenhülle ausgenommen, ferner die Familie der Onagrarieen, Cucurbitaceen, Proteaceen, Polygoneen, Euphorbiaceen und die ächten Cupuliferen.

Aufser den Integumenten kommt bei einigen Pflanzen noch eine andere Knospenhülle, die sich erst lange nach der Befruchtung bildet und Samenmantel (Arillus) genannt wird, vor (bei Taxus) (Fig. 241. p. 379).

Auswüchse mancherlei Gestalt, welche an verschiedenen Orten der Samenknospe auftreten, sind mit verschiedenen Namen als Crista, Caruncula u. s. w. belegt worden (bei Viola, Evonymus, Strelitzia Augusta in der Gegend des Knospenmundes, bei Tetratheca am Chalaza-Ende)[1]).

Fig. 240. Entwickelungszustände der Samenknospe des Stiefmütterchen (Viola tricolor). *A* Sehr junger Zustand, *nc* der Knospenkern, *ii* die innere Knospenhülle. *B* Etwas späterer Zustand, *ie* äufsere Knospenhülle. *C* Die Samenknospe zur Blüthezeit im Längsschnitt, gegenläufig, *ch* Knospengrund, *se* Keimsack, *r* die Nabelschnur (raphe). *D* Ein Pollenkorn, welches einen verzweigten Pollenschlauch getrieben. (150 mal vergröfsert.)

---

1) Schuchardt, Entwickelungsgeschichte der Samenknospe von Tetratheca. Bot. Zeit. 1854. p. 393.

Der längere oder kürzere Theil, welcher die Samenknospe mit dem Fruchtknoten verbindet und in welchem in der Regel ein Gefäſsbündel verläuft, wird Knospenträger (Funiculus) genannt. Das Gefäſsbündel selbst bezeichnet man als Nabelschnur (Raphe), den Ort, wo dies Gefäſsbündel sich in dem Knospenkern verliert, nennt man Knospengrund (Chalaza). Bei den Orchideen fehlt die Raphe.

Während nun jede Samenknospe als kleines aus Zellen bestehendes Wärzchen hervortritt, erfolgt die weitere Ausbildung derselben nicht immer gleichmäſsig, und so entstehen 3—4 Hauptformen der Samenknospe:

1. Die geradläufige Samenknospe (G. orthotropa). Hier erhebt sich der Knospenkern sammt seiner Hülle als gerade Säule, der Anheftungspunkt der Samenknospe (das Hilum) liegt hier der Kernwarze oder dem Knospenmunde gegenüber. (Bei Taxus [Fig. 241], Juglans [Taf. IX. Fig. 42], Polygonum [Fig. 242] und Hydrocharis.)

Fig. 241.

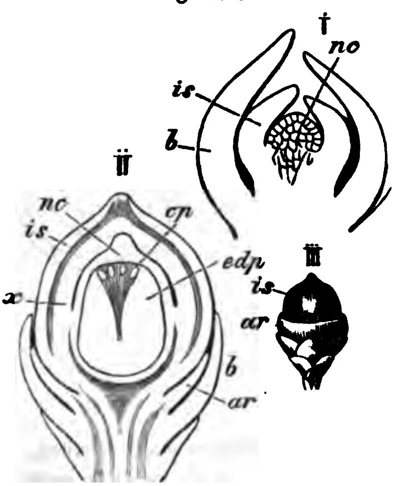


Fig. 242.

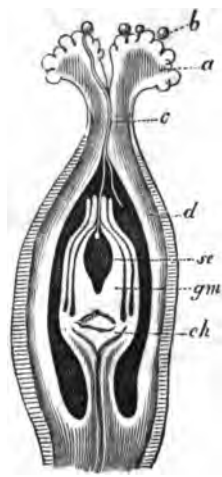


Fig. 241. Taxus baccata. I Die junge Samenknospe als Endknospe eines Zweiges im Längsschnitt, *is* das einfache Integument, *nc* der Knospenkern der geradläufigen Samenknospe, *b* Blätter des Zweiges. II Die Samenknospe zur Zeit der Befruchtung im Längsschnitt, *cp* die Corpuscula im Sameneiweiſs (*edp*), *x* die später in den inneren Theilen holzig werdende Samenschale, aus dem einfachen Integument entstanden, *ar* der Anfang des Arillus. III Ein halbreifer Same; der Arillus (*ar*) bekleidet denselben erst bis zur Hälfte. (I 50mal, II 5mal vergröſsert.)

Fig. 242. Längsschnitt durch den einsamigen Fruchtknoten von Polygonum

2. Die **gegenläufige** Samenknospe (G. anatropa). Durch eine allmälig erfolgende Krümmung kommt hier die Kernwarze oder der Knospenmund neben den Anheftungspunkt zu liegen. Das Gefäfsbündel der Raphe endigt hier, wie bei der geradläufigen Samenknospe, dem Knospenmunde gegenüber. (Bei Hippuris, den Balsamineen, Monotropeen, Onagrarien, Viola [Fig. 240. p. 378], Podocarpus [Fig. 243] u. s. w.)

3. Die **krummläufige** Samenknospe (G. campylotropa). Dieselbe erscheint in allen ihren Theilen nur einseitig ausgebildet, der Knospenkern und der in ihm liegende Embryosack sind deshalb krummläufig. Die Chalaza liegt mit dem Anheftungspunkte zur Seite des Knospenmundes. (Bei den Cruciferen und den Amaranthaceen) (Fig. 244.)

Fig. 243.

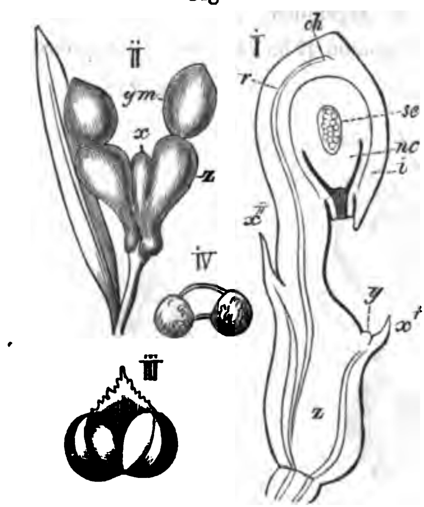
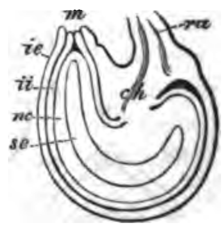


Fig. 244.



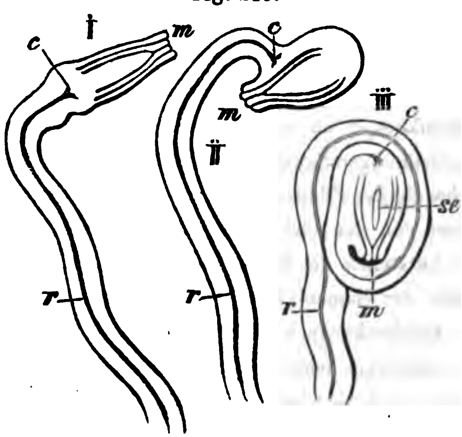
Convolvulus zur Blüthezeit, *a* die Narbe, *b* Pollenkörner auf derselben, *c* der Staubweg, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *gm* die aufrechte, geradläufige Samenknospe, *se* der Keimsack oder Embryosack derselben, *ch* die Chalaza oder der Knospengrund; zwei Pollenschläuche treten durch den Staubwegcanal zur Samenknospe hinab. (Vergröfserung 40 mal.)

Fig. 243. Podocarpus lanceolata. I Längsschnitt durch den weiblichen Blüthenstand, x^{I} u. x^{II} schuppenartige Deckblätter für die nackte, achselständige Samenknospe, welche nur bei x^{II} zur Ausbildung gekommen ist, bei x^{I} aber als kleine warzenförmige Erhebung (*y*), als Vegetationskegel einer Knospe, verblieben ist. Das Stengelglied *z* des Blüthenstandes schwillt später an und wird fleischig; die gegenläufige Samenknospe hat zwei Integumente (*i*), welche jedoch

4. Die **gebogene** Samenknospe (G. lycotropa). Sie entspricht in der Ausbildung ihrer Theile der geradläufigen Samenknospe, ihr Körper ist jedoch mehr oder weniger, entweder sichelförmig oder hufeisenförmig gebogen. (Bei Potamogeton und den Alismaceen.)

Aufserdem giebt es noch mancherlei Zwischenformen, die als halbgegenläufige (G. hemianatropa), halbgebogene (G. hemilycotropa) Samenknospen u. s. w. bezeichnet werden. Auch findet man nicht selten in demselben Fruchtknoten neben den normal ausgebildeten, andere Samenknospen, bei denen die Krümmungen der Theile ganz oder theilweise unterblieben sind (Fig. 245).

Fig. 245.



Wo zwei Integumente vorhanden, verläuft das Gefäfsbündel der Raphe immer in der äufseren Knospenhülle; bei Hippuris mit nacktem Knospenkern von anatroper Form steigt es in letzterem bis zur Chalaza hinab. — Der Stiel der Samenknospe (der Knospenträger oder Funiculus) kann kurz oder lang erscheinen, die Samenknospen werden danach sitzend oder gestielt. Bei Opuntia schlingt sich der lange

nur an ihrer Spitze getrennt sind, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *ch* die Chalaza, *r* die Raphe oder das Gefäfsbündel der Samenknospe. II Ein halbreifer Samenstand mit 2 ausgebildeten Samenknospen (*gm*), *x* das Deckblatt einer fehlgeschlagenen Samenknospe. III Das Staubblatt von Podocarpus Sellowii. IV Ein Pollenkorn aus demselben. (I und III sind 10mal, IV ist 200mal vergröfsert, II dagegen ist in natürlicher Gröfse dargestellt.)

Fig. 244. Samenknospe von Beta vulgaris, *ch* die Chalaza, *ie* das äufsere Integument, *ii* das innere Integument, *nc* der Knospenkern, *se* der Embryosack, *m* der Knospenmund, *ra* die Raphe. (Vergröfserung 30mal.)

Fig. 245. Opuntia Ficus indica. Samenknospen aus demselben Fruchtknoten zur Blüthezeit. I Als geradläufige Samenknospe, II als halbgewendete und III als gegenläufige Samenknospe, welche für Opuntia normal und von dem langen Funiculus umschlungen ist, *c* die Chalaza, *m* die Micropyle, *r* die Raphe, *se* der Embryosack. (Vergröfserung 20mal.)

Knospenträger rund um die Samenknospe. — Letztere kann **grundständig** (Taf. IX. Fig. 40 u. 42. Fig. 242. p. 379), **hängend** (Taf. VIII. Fig. 34), aber auch an der Seite des Samenträgers befestigt sein und in verschiedenem Winkel zu demselben stehen (Taf. IX. Fig. 36).

Wie man dreierlei Arten der Stammknospe unterscheidet, so kann man auch dreierlei Arten der Samenknospe annehmen. 1. als **Endknospe**, wenn der Vegetationskegel der Blüthe selbst zur Samenknospe wird, bei Taxus (Fig. 241. p. 379), Juglans (Taf. IX. Fig. 42), Polygonum (Fig. 242. p. 379); 2. als **Achselknospe**, wenn die Samenknospe in der Achsel eines Blattes auftritt, bei Podocarpus (Fig. 253. p. 380), bei Thuja (Fig. 246) und Cupressus; 3. als **Seitenknospe**, wenn die Samenknospe an einem mittelständigen oder wandständigen Samenträger hervortritt; bei der Mehrzahl der Pflanzen. Als wesentlicher Unterschied von der wirklichen Nebenknospe ist hier das Entstehen der Samenknospe aus der Oberfläche des Samenträgers fest zu halten, allein die Blüthenknospen der Blüthenstände, denen die Bracteen fehlen, entstehen auf dieselbe Weise, auch sie können nicht als Achselknospen gelten. Die eigentliche Nebenknospe bildet sich dagegen am Cambiumring einer Achse und durchbricht später die Rinde derselben (p. 10), wofür freilich die Samenknospen kein mir bekanntes Beispiel geben. — Während die letzteren im Allgemeinen frei, nur durch den Funiculus mit dem Samenträger verbunden, in der Fruchtknotenhöhle liegen, sind sie bei Ardisia excelsa in das Gewebe des mittelständigen, kugelförmig angeschwollenen Samenträgers eingesenkt (Fig. 219. p. 316)[1].

Fig. 246.



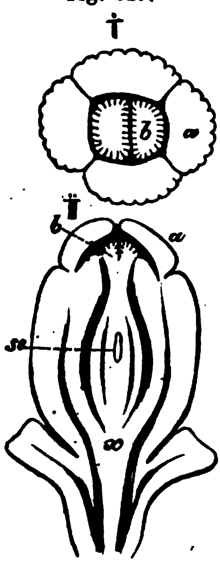
Fig. 246. Thuja aurea. Weiblicher Blüthenstand im Längsschnitt, *x* die Samenschuppe, in deren Achsel eine oder zwei aufrechte geradläufige Samenknospen (*y*) stehen, *b* die Blätter am unteren Theile des Blüthenstandes. (Vergrößerung 10 mal.)

---

[1]) Während ich die Samenknospen als wahre Knospen, demnach als Stammorgane ansprechen muß, hält Reisseck (Linnaea 1843. Bot. Zeit. 1853) dieselben für Blattbildungen, und stützt sich auf vorkommende Monstrositäten, desgleichen auf die Bildung von Drüsen auf dem Samenlappen von Ricinus communis, deren Entwickelungsgeschichte einer Samenknospe mit einfachem Integument entsprechen soll.

Im Knospenkern, oder im Stammtheil der Samenknospe, bildet sich früher oder später eine Zelle überwiegend aus, welche das umgebende Gewebe verdrängt und resorbirt. Diese Zelle ist der Embryosack (sacculus embryonalis), in ihr bilden sich schon vor der Befruchtung die Keimkörperchen (Keimbläschen nach AMICI und HOFMEISTER), welche, durch den Pollenschlauch befruchtet, sich im Innern des Embryosackes zum Keim ausbilden. Der letztere ist deshalb der wesentlichste Theil der Samenknospe, welcher, wenn eine Keimbildung erfolgen soll, niemals fehlen oder verkümmert sein darf. Bei Viscum, wo eine Samenknospe als besonderes Organ nicht vorhanden ist, entsteht der Embryosack im Markgewebe der weiblichen Blüthe; dieses Markgewebe vertritt hier die Stelle des Knospenkerns (Fig. 247)[1]).

Fig. 247.



In vielen Fällen verzehrt der Embryosack schon frühzeitig das nicht ausgebildete Gewebe des Knospenkerns, er liegt dann frei in der einfachen oder in der doppelten Knospenhülle, so bei den Personaten und bei den Orchideen, desgleichen bei Phaseolus. Bisweilen bildet ein solcher Embryosack sogar späterhin Aussackungen, welche einen Theil des Integuments resorbiren und häufig als schlauchförmige Anhängsel frei in die Fruchtknotenhöhle treten. Derartige Aussackungen, deren mehrere vorkommen können, sind bis jetzt nur bei Samenknospen mit nacktem Knospenkern oder mit einfachem Integument bekannt, z. B. bei den Santalaceen (Fig. 218. p. 316), bei den Rhinanthaceen, bei den Orobancheen, bei den Labiaten (Fig. 248) und bei den Borragineen. Während sich bei diesen Pflanzen der mittlere Theil des Embryo-

Fig. 247. Viscum album. I Die weibliche Blüthe im Querschnitt, *a* eines der 4 Perigonblätter, *b* eines der beiden nur der Anlage nach vorhandenen Narbenblätter. II Der Längsschnitt durch die Blüthe aus derselben Zeit, *a* und *b* wie bei I, *se* der Embryosack, in der Mitte des Markes des zum unterständigen Fruchtknoten gewordenen Stengelgliedes *x*. (Vergröfserung 10mal.)

1) HOFMEISTER betrachtet eine kleine Erhebung zwischen den beiden Narbenblättern, den Vegetationskegel der Blüthenachse, als nacktes Ei der Mistel; eine, wie mir scheint, etwas gezwungene Annahme.

sackes mit Zellen füllt, bleiben die Aussackungen leer; sie scheinen, wenn sie frei hervortreten und die Wand des Fruchtknotens berühren, dazu bestimmt, dem Embryosack von Aufsen her noch Nahrung zuzuführen. In ihnen kann man bisweilen eine lebhafte Saftcirculation wahrnehmen (Bd. 1. p. 44). Mehrere Embryosäcke in demselben Knospenkern kommen verhältnifsmäfsig selten und zwar normal nur bei einigen Cruciferen, z. B. Cherianthus, und nach Hofmeister auch bei Rosa vor; sie finden sich aufserdem dann und wann bei den Nadelhölzern (Taxus, Thuja, Juniperus) und im Markgewebe des zur Beere werdenden Stengelgliedes der Mistel (Viscum album), und zwar hier fast normal, sobald der Schmarotzer auf Laubbäumen wuchert; wenn er dagegen die Kiefer bewohnt, habe ich immer nur einen Embryosack gefunden. Der Embryosack besitzt als vollkommene Zelle in allen Fällen einen Zellenkern.

Fig. 248.



Die Keimkörperchen und ihre Gegenfüfsler.

§. 80. An beiden Enden des in der Regel etwas gestreckten Embryosackes, welche man auch dessen Pole genannt hat, tritt nun meistens erst kurz vor der Befruchtung eine Zellenbildung auf, aus welcher am Knospenmundende (Micropyle-Ende) in der Regel 2, selten mehr, eigenthümlich gebaute Zellen, die Keimkörperchen oder Keimbläschen, hervorgehen, während am entgegengesetzten Ende (dem Chalaza-Ende) 1, 2 oder mehrere Zellen, die Gegenfüfsler der Keimkörperchen, entstehen. Während die ersten von Amici entdeckt wurden, sind diese von Hofmeister zuerst beachtet worden.

Die Keimkörperchen sind kleine, scharf umgrenzte, Zellen, entweder mit einem klaren und nur mit kleinen Körnern untermischten

Fig. 248. Befruchtete Samenknospe von Galeopsis versicolor im Längsschnitt, *se* der Embryosack, welcher sich nur zum kleinen Theil mit Sameneiweifs (*edp*) anfüllt; die obere zellenleere Aussackung des Embryosackes tritt als langer Schlauch (*z*) aus dem einfachen Integument (*is*) hervor, das andere Ende des Embryosackes endet als kleinerer zellenleerer Schlauch unter der Chalaza (*ch*), *m* der Knospenmund, in welchen ein Pollenschlauch (*tp*) eingedrungen ist, *em* der Embryo, *r* die Raphe. (20mal vergröfsert.)

Inhalt, oder häufiger mit einer durch die Menge der Körner undurchsichtigen Flüssigkeit erfüllt. In dem ersten Falle sieht man einen centralen Zellenkern, in dem letzten ist derselbe oftmals schwierig nachzuweisen. Die scharfe Umgrenzung dieser Keimkörper besteht aus keiner festen Zellenstoffmembran; in der Regel zerfliefst dieselbe schon nach wenigen Secunden im Wasser des Objectträgers, niemals aber zieht sich der körnige Inhalt so zusammen, dafs eine scharf contourirte Membran als Hülle um denselben stehen bleibt. Bei Canna verschwinden die beiden Keimkörperchen im Wasser vollständig, bei Gladiolus, Crocus, Watsonia, Phormium, Yucca, Zea, Sechium und Torenia dagegen verschwindet nur der untere Theil, der obere dagegen bleibt als kürzere oder längere, streifig glänzende, Masse im Micropyle-Ende des Embryosackes, über dessen Membran ihre Spitze mehr oder weniger, aber, wie es scheint, in allen Fällen frei, hervorragt. Bei Gladiolus segetum, wo ich diesen Theil der Keimkörperchen entdeckte, besteht derselbe aus einem Bündel äufserst zarter Fäden, welche in gleicher Richtung neben einander liegen und sich durch Hülfe der Nadel isoliren lassen, weshalb ich diesen Theil den Fadenapparat des Keimkörperchens genannt habe (Fig. 249). Seine abgerundete, aus dem Embryosack hervorsehende Spitze ist glän-

Fig. 249.

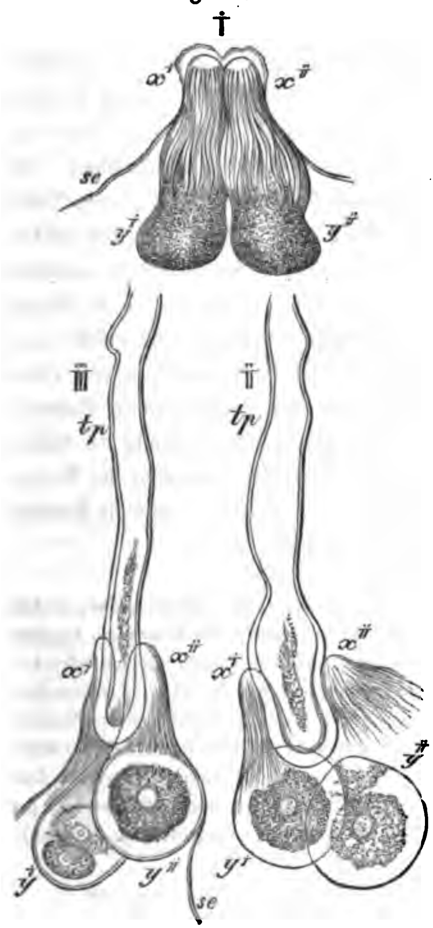


Fig. 249. Der Befruchtungsvorgang bei Gladiolus segetum. I Die beiden unbefruchteten Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes, x der Faden-

zend und, wie es scheint, von klebriger Beschaffenheit. Bei Crocus[1]) ist der Fadenapparat von gleicher Beschaffenheit, er wird durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt. In beiden Fällen ragt derselbe deutlich über die Membran des Embryosackes hervor. Bei Phormium und Zea (Taf. XI. Fig. 3) ist er kleiner, aber von demselben Bau; bei Watsonia bildet er dagegen einen langen Schlauch, welcher, sich oftmals hin- und herwindend, $\frac{9-36}{400}$ millim. weit aus dem Knospenmund hervorsieht (Taf. XI. Fig. 4 u. 5). Der Inhalt dieses Schlauches ist streifig und zwar gehen die hellen Streifen vom Rande zur Mitte nach abwärts, sie werden durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt. Bei Torenia ist die faserige Beschaffenheit des Fadenapparates oftmals wie bei Phormium nur am Rande deutlich, die ganze Masse ist alsdann fettglänzend, sie wird durch Jodlösung gelb gefärbt. Henfrey hat bei Santalum dieselbe Masse gesehen und als Coagulum beschrieben. Der Fadenapparat besteht aus einer Zellenstoffabscheidung im oberen Theile des Keimkörperchens, die Fasern oder Fäden, welche denselben bilden, sind vielleicht keine freie Fäden, sondern nur die Scheidewände zwischen zahlreichen sehr feinen Canälen, was mir für Watsonia, wo die Räume zwischen den Fäden mit einem dunkelen körnigen Stoff erfüllt sind, wahrscheinlich wird. Der Fadenapparat ist im Allgemeinen erst sichtbar zu machen, wenn man die Spitze des unbefruchteten Embryosackes vollständig isolirt hat. Bei Canna scheint derselbe zu fehlen, ebenso bei Citrus, wo überhaupt erst nach dem Antreten des Pollenschlauches die Keimkörperchen zu entstehen scheinen (?) und die Befruchtung in etwas abweichender Weise stattfindet[2]).

apparat, *y* die Protoplasmakugel, *se* die Membran des Embryosackes, welche über den glänzenden Spitzen der beiden Fadenapparate in der Resorption begriffen ist. II Ein Pollenschlauch, welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugel der letzteren entstandene Membran ist erst mit einfacher Contour sichtbar. III Ein etwas späterer Zustand, die befruchtete Protoplasmakugel des linken Keimkörperchens y^1 hat bereits, durch Theilung ihres Inhalts zwei Zellen gebildet, wovon die untere zur ersten Zelle der Keimanlage, die obere aber zum kurzen Embryoträger wird. Die Membran der Protoplasmakugeln zeigt jetzt eine doppelte Contour. (Vergröfserung 400 mal.)

---

1) Flora 1858.

2) Hofmeister hält den Fadenapparat (bei Crocus) für das Resultat einer Aussonderung des inneren Integuments über dem Embryosack (Pringsheim's Jahrbücher p. 162), welche Ansicht jedoch durch das oben Mitgetheilte hinreichend widerlegt ist.

Den unteren Theil des unbefruchteten Keimbläschens nun, welcher viel Protoplasma enthält und im ersten Moment der Betrachtung eine kugelige, scharf umgrenzte, Gestalt besitzt, habe ich die Protoplasmakugel genannt; dieselbe bildet sich ohne Zuthun des Pollenschlauchs nicht weiter, verschrumpft vielmehr, wenn die Zeit der Befruchtung vorüber ist, und bleibt in solchem Falle bisweilen als körnige Masse von unbestimmter Umgrenzung mit dem Fadenapparat verbunden. Wenn dagegen ein Pollenschlauch mit dem Fadenapparat rechtzeitig in Verbindung kommt, so erscheint alsbald in der ganzen Umgrenzung der Protoplasmakugel eine feste, scharf contourirte, Membran, von der sich im Wasser der körnige Inhalt, den Jodlösung gelb färbt, zurückzieht. Henfry hat ganz dasselbe bei Santalum album beobachtet. Daſs wir beide unabhängig von einander fast um dieselbe Zeit und an verschiedenen Pflanzen ganz dieselbe Beobachtung machten, spricht gewiſs für deren Richtigkeit. Vielfältige Wiederholungen bei anderen Pflanzen (den oben genannten) haben mir dasselbe Resultat geliefert, auch Radlkofer kann das Dasein einer wirklichen Membran, von welcher sich der körnige Inhalt zurückzieht, vor der Befruchtung nicht bestreiten, Hofmeister dagegen bezeichnet einige Fälle, wo die Keimkörperchen schon vor der Befruchtung mit einer festen, im Wasser nicht zerflieſsenden, Membran umkleidet sein sollen.

Die beiden Keimkörperchen[1]), denn in der Regel sind deren 2, selten 3 vorhanden, liegen dicht neben einander und zwar mit der Spitze ihres Fadenapparates auf gleicher Höhe. Wo das Gewebe der Kernwarze durch den Embryosack aufgesogen ist, sind sie sammt dem Micropyle-Ende des Embryosackes in dem unteren Theile des Knospenmundes eingeklemmt (Gladiolus, Crocus, Zea), bei Watsonia ragen die beiden langen Schläuche des Fadenapparates beider Keimkörperchen weit aus dem Knospenmund hervor (Taf. XI. Fig. 4 u. 5). Die beiden Keimkörperchen scheinen durch Theilung in einer Mutterzelle entstanden zu sein, man findet nämlich nicht selten noch eine zarte Membran, die beide umhüllt[2]).

Die Gegenfüſsler der Keimkörperchen sind Zellen mit körnigem

[1]) So ungern ich einmal eingeführte Benennungen ändere, scheint mir doch die Bezeichnung Keimbläschen nicht ganz passend, indem das Keimkörperchen mit dem Fadenapparat jedenfalls eine complicirte Bildung, aber kein einfaches Bläschen ist.

[2]) Bot. Zeitung 1858. Taf. III. Fig. 14.

Protoplasma und einem deutlichen Zellenkern. Mit einer festen, im Wasser nicht zerfliefsenden, Membran umkleidet, zieht sich der Inhalt durch die Einwirkung des letzteren von derselben zurück, wodurch sie sich wesentlich von den Keimkörperchen, welche ihnen gegenüberliegen, unterscheiden. Ihre Zahl ist zwar bei derselben Pflanze ziemlich constant, sonst aber sehr verschieden; bei den Personaten bildet sich nur eine solche Zelle (Pedicularis, Lathraea) und diese giebt, wie es scheint, die Veranlassung zu der später bei Lathraea sehr mächtigen unteren, zellenleeren, Aussackung des Embryosackes; dasselbe möchte für die fadenförmige Verlängerung des Chalaza-Endes bei den Cucurbitaceen gelten (Sechium edule); bei den Liliaceen und Irideen finden sich häufig 2 oder 3 solcher Zellen (Gladiolus, Crocus), bei Zea aber krönt eine noch gröfsere Anzahl derselben das Chalaza-Ende des Embryosackes (Taf. XI. Fig. 2 u. 3). In allen bis jetzt bekannten Fällen, wofür ich Hofmeister als Gewährsmann nenne, findet normal in diesen Gegenfüfslern später keine weitere Zellenbildung statt, sie nehmen deshalb nicht an der Bildung des Gewebes Theil, welches im Innern des Embryosackes entstanden, später als Sameneiweifs (Albumen, Endosperm) den jungen Keim umgiebt und die Stoffe zu seiner Ernährung vorbereitet. Ob die Gegenfüfsler mit dem Befruchtungsact in irgend welchem Zusammenhang stehen, ist zur Zeit unbekannt und nicht sehr wahrscheinlich, da sie nicht überall vorhanden sind, bei anderen Pflanzen aber bisweilen vorkommen und bisweilen fehlen. Bei Crocus vernus habe ich am nicht befruchteten Embryosacke dann und wann eine Zellenbildung im Innern der Gegenfüfsler beobachtet, welche in einem Falle fast den ganzen Embryosack, in welchem die Bildung des Sameneiweifses unterblieben war, ausfüllte [1]).

Bei vielen Pflanzen findet vor der Befruchtung im Embryosack keine weitere Bildung von Zellen statt, bei anderen dagegen theilt sich, nachdem die Keimkörper und deren Gegenfüfsler entstanden sind, auch der mittlere Theil des Embryosackes (Viscum, die Personaten, Labiaten, Borragineen und Halorageen), es entsteht eine Reihe von Zellen, welche sich nach geschehener Befruchtung noch einmal, und zwar meistens der Länge nach, theilen, später aber durch wiederholte Theilung nach verschiedenen Richtungen das Sameneiweifs bilden [2]).

---

1) Flora 1858.

2) Hofmeister glaubt, dafs diese Zellenbildung überhaupt unter dem Einflufs des Pollenschlauches steht und bei mangelnder Bestäubung unterbleibt.

Der Embryosack enthält vor der Befruchtung immer einen freien Zellenkern, von dem häufig Protoplasmaströme zum Umkreis der Wandung verlaufen. Aber nur bei ganz frischen und vollständig unverletzten Präparaten sind diese Verhältnisse sichtbar und sie verschwinden in der Regel eben so schnell, als die Protoplasmakugel der unbefruchteten Keimkörperchen, welche im Wasser des Objectträgers zergeht. Nur in seltenen Fällen enthält der Embryosack vor der Befruchtung Stärkmehl (bei Tropaeolum und Canna, welche Pflanzen kein Endosperm bilden), körniges Protoplasma ist dagegen, und namentlich im Umkreis der Wandung, reichlich vorhanden; in den niemals Zellen bildenden Aussackungen erscheinen auch häufig Vacuolen (Scheinzellen, Bd. I. p. 41) (bei Pedicularis, Cucurbita).

Der Vorgang der Befruchtung.

§. 81. Wenn die Bestäubung der Narbe erfolgt ist und die Pollenschläuche durch den Staubwegcanal in die Fruchtknotenhöhle gelangt und von dem leitenden Zellengewebe an die Samenträger und von diesen wieder in den Knospenmund der Samenknospe geführt sind, so treffen dieselben entweder auf das Gewebe der Kernwarze, welches um diese Zeit sehr aufgelockert ist, und gehen durch die Intercellulargänge desselben, bei den Onagrarieen, Canna (Taf. XI. Fig. 11), oder sie gelangen, wenn dieses Gewebe schon vorher resorbirt wurde, unmittelbar an den Embryosack und treffen hier mit dem Fadenapparat der Keimkörperchen zusammen (Gladiolus, Fig. 249. p. 385, Watsonia, Taf. XI. Fig. 6). Der Pollenschlauch, welcher vorher eine dünne, mit doppelter Contour sichtbare, Wandung besafs, hat inzwischen durch Aufquellen, und zwar bei einigen Pflanzen mehr, bei anderen weniger, sein voriges Ansehen verändert. Bei Pedicularis, Euphrasia, Torenia, Phormium und Carica Papaya gleicht er jetzt, da sein innerer Hohlraum gänzlich verschwunden ist, einem soliden Glasstabe, wobei für die letztgenannte Pflanze häufig ein ungleiches Aufquellen der verschiedenen Verdickungsschichten des Pollenschlauches stattfindet[1]). Bei Gladiolus, Crocus und Watsonia, mit sehr derben Pollenschläuchen, quillt nur das geschlossene Ende der letzteren, und zwar vorzugsweise die mit dem Fadenapparat in Berührung getretene Partie desselben, auf, wobei diese Stellen der Wandung ein fettglänzendes, gallertartiges

[1]) Bot. Zeitung 1858. Taf. III. Fig. 25.

Ansehen erhalten. Dagegen konnte ich ebenso wenig als Hofmeister jemals Löcher wahrnehmen, halte auch die scheinbaren Porencanäle oder verdünnten Stellen im Pollenschlauche nur für Partieen, wo zufällig das Aufquellen der Wandung unterblieben ist; ihr Erscheinen ist nicht constant.

Die Verbindung des Pollenschlauches mit dem Fadenapparat, dessen Spitze, wie es scheint, überall frei über die Membran des Embryosackes hervorragt, ist eine sehr innige, ja in der Regel ist eine Trennung ohne Zerreifsung der betreffenden Theile nicht mehr ausführbar, so bei Gladiolus und Crocus, wo die befruchteten Keimkörperchen immer fest am Pollenschlauche hängen und sich mit demselben isoliren lassen (Fig. 249. p. 385), oder bei einem Versuch des Isolirens immer zahlreiche Fäden des Fadenapparates an dem Pollenschlauche hängen bleiben[1]). Bei Phormium tenax dagegen läfst sich der Pollenschlauch nach geschehener Befruchtung, aber nur gewaltsam, von den Keimkörperchen ablösen[2]).

Bei der Mehrzahl der Pflanzen dringt der Pollenschlauch nicht in den Embryosack; bei Canna dagegen und nach Hofmeister auch bei Najas, Passiflora und einigen Geraniaceen, desgleichen nach Radlkofer bei Viscum, durchbohrt er die Membran desselben und steigt bei Canna noch $\frac{24-26}{400}$ millim. weit abwärts; das Aufquellen seiner Membran erfolgt hier nur so weit, als sich derselbe im Embryosack befindet (Taf. XI. Fig. 12). Die beiden Keimkörperchen von Canna haben, wie es scheint, keinen Fadenapparat, der Pollenschlauch berührt entweder das eine oder beide und tritt mit ihnen in innige Verbindung, so dafs sich das befruchtete Keimkörperchen mit ihm isoliren läfst und oftmals einem Seitenauswuchs des Pollenschlauches ähnlich sieht (Taf. XI. Fig. 12), wodurch ich früher getäuscht wurde.

Der Inhalt des Pollenschlauches hat sich um die Zeit der Befruchtung, wie es scheint, nicht wesentlich geändert, in der Regel sind jedoch, wo überhaupt Stärkmehlkörner im Inhalt des Pollenkorns vorkommen, selbige verschwunden und in einen durch Jodlösung sich gelbfärbenden Stoff verwandelt worden (bei den Onagrarieen). Bewegliche Samenkörper oder gar Schwärmfäden habe ich trotz alles Suchens bis jetzt im Pollenschlauch nicht finden können, auch Hofmeister hat sie bisher nicht gesehen. Im Pollenschlauch der Citrus-Arten bilden sich dagegen länglich runde, unbewegliche, Körperchen

[1]) Flora 1858.
[2]) Monatsbericht der Berliner Akademie 1857, December. Fig. 14, 16, 22.

von $\frac{1}{400}$ millim. Längsdurchmesser, welche durch Jodlösung gelb werden und viel gröfser sind, als die sonst im Pollenschlauch anderer Pflanzen vorkommenden Inhaltskörner.

Bald nachdem der Pollenschlauch durch den Fadenapparat mit den Keimkörperchen in directe Berührung getreten ist, erfolgt eine weitere Ausbildung der Protoplasmakugel, indem sich im ganzen Umkreis derselben eine feste Zellenstoffmembran abscheidet, von der sich jetzt der Inhalt bei Einwirkung von Wasser, Salzlösungen und verdünnten Säuren zurückzieht, während vor der Befruchtung die Protoplasmakugel entweder zerging oder an ihrem Rande unregelmäfsig zusammenschrumpfte, niemals aber Inhalt und Membran sich von einander trennten (Fig. 249. I. p. 385). Die Protoplasmakugel, welche vorhin vom Fadenapparat nicht scharf getrennt war, sondert sich jetzt durch die Bildung dieser Membran von ihm ab, bleibt aber in der Regel noch längere Zeit an ihm hängen und durch denselben mit dem Pollenschlauch in Verbindung. Bei Canna erfolgt die Bildung der Membran, wie es scheint, um das ganze Keimkörperchen, welches danach der Protoplasmakugel entsprechen würde. Die entstandene Membran, welche man als ein sicheres Merkmal stattgefundener Befruchtung annehmen darf[1]), ist Anfangs sehr zart und nur mit einfacher Contour sichtbar (Fig. 249. II.), wird aber bald fester und erscheint alsdann mit doppelter Umgrenzung (Fig. 249. II.). Bei Gladiolus, Crocus, Watsonia und Phormium werden beide Keimkörperchen befruchtet, was auch kaum anders denkbar ist, weil der Pollenschlauch fast ohne Ausnahme mit dem Fadenapparat beider in directe Berührung tritt (Taf. XI. Fig. 6 und 7). Die Protoplasmakugel beider Keimkörperchen umkleidet sich hier mit einer Membran und in ihr entsteht ein centraler Zellenkern[2]). Die beiden befruchteten Keimkörperchen liegen noch auf gleicher Höhe (Taf. XI. Fig. 6), dann aber verlängert sich das eine derselben nach abwärts und theilt sich wagerecht in zwei

---

[1]) In allen Fällen und bei allen seit 1856 von mir untersuchten Pflanzen finde ich, sobald eine feste Membran um die Protoplasmamasse der Keimkörperchen entstanden ist, im Knospenmund den Pollenschlauch. — Nach Hofmeister soll die schon aus mehreren Zellen bestehende Embryoanlage von Lupinus, Mirabilis und Prismatocarpus noch keine feste Membran besitzen, welche Fälle demnach hier eine Ausnahme bilden würden.

[2]) Nach Hofmeister und Radlkofer verschwindet der ursprüngliche Zellenkern der Keimbläschen und es entsteht nach der Befruchtung ein neuer, was mir ebenfalls wahrscheinlich ist. Auch der primäre Zellenkern des Embryosackes verschwindet bald nach der Befruchtung.

ungleiche Hälften (Taf. XI. Fig. 6). Die untere, kleinere, Tochterzelle (Fig. 249. Fig. 385) wird zur ersten Zelle des künftigen Keimes, die obere, gröfsere, dagegen bildet später den Träger des Embryo (Taf. XI. Fig. 7), welcher denselben mit der Membran des Embryosackes verbindet. Das andere Keimkörperchen entwickelt sich darauf nicht weiter, bleibt aber noch längere Zeit erkennbar. (Gladiolus, Crocus, Watsonia, Phormium.) Bei Zea dagegen scheint immer nur ein Keimkörperchen befruchtet zu werden, denn nur die eine Protoplasmakugel erhält hier eine Zellenmembran.

Wie der Uebergang des befruchtenden Pollenschlauch-Inhaltes zum Inhalt der Protoplasmakugel vermittelt wird, ist noch nicht sicher nachgewiesen. Ich vermuthe, dafs derselbe direct durch die erweichte, aufgequollene, Membran des Pollenschlauches und zwischen den Räumen des Fadenapparates, welche wahrscheinlich durch Haarröhrchen Anziehung wirken, stattfindet. Hofmeister und Radlkofer glauben dagegen, dafs er auf endosmotischem Wege, durch die Membran des Pollenschlauches und des Embryosackes, vor sich geht; beide stellen auch das freie Hervorragen der Keimkörperchen über die Membran des Embryosackes in Abrede, allein hierüber läfst sich nach dem Vorkommen des Fadenapparates bei Watsonia nicht mehr streiten, und finden damit auch die früher von mir als Beweise für die Schleiden'sche Theorie aufgestellten Erscheinungen bei Lathraea, Pedicularis, Stachys u. s. w., wo der schlauchförmige Embryoträger frei über die Membran des Embryosackes hervorragt, ihre Erklärung [1]). — Welches Quantum des Pollenschlauch-Inhaltes zur Befruchtung erforderlich ist und in wie viel Zeit der Uebergang desselben stattfindet und damit die Befruchtung vollzogen wird, läfst sich nicht bestimmen, weil man hier in der Regel nur mit durch Präparation isolirten und daher getödteten Theilen operiren [2]), aber nicht, wie bei den Algen, den Befruchtungsvorgang selbst an der noch lebenden Pflanze studiren kann. Bei Gladiolus scheint

---

1) Flora 1855. Taf. XVI. Fig. 13 und Taf. II. Fig. 4 und 7. Pringsheim's Jahrbücher Bd. I. Taf. XII. Fig. 13.

2) Santalum album, wo der Embryosack als freier Schlauch aus dem Knospenkern hervortritt, blüht leider in unseren Treibhäusern nicht, weshalb auch Henfry seine Beobachtungen an in Weingeist aufbewahrten Blüthen machte; Torenia aber, bei welcher die Spitze des Embryosackes aus dem einfachen Integument hervortritt, hat eine sehr kleine Samenknospe, welche der Beobachtung schlecht zugänglich ist. Auch wird durch das Ablösen der Samenknospen und die Betrachtung derselben unter Wasser schon das normale Verhältnifs derselben gestört, was bei der Untersuchung der Algen, die im Wasser leben, nicht der Fall ist.

die Befruchtung ziemlich rasch zu erfolgen, denn am dritten Tage nach der Bestäubung gelangen die Pollenschläuche in den Embryosack und schon am vierten sind fast alle Samenknospen befruchtet. Der körnige Inhalt des Pollenschlauches ist alsdann für den unteren Theil in der Regel vollständig verschwunden und durch eine klare Flüssigkeit, aber, soviel ich gesehen, niemals durch Luft ersetzt.

Bei vielen Pflanzen schwillt das Pollenschlauchende über dem Embryosack keulenförmig an, was jedoch durchaus nicht constant ist. Nicht selten treten auch mehrere Pollenschläuche in den Knospenmund derselben Samenknospe, ohne in dem Erfolg der Befruchtung für beide Keimkörperchen eine Aenderung zu veranlassen. Ich glaubte früher, das seltene Vorkommen zweier Embryo-Anlagen in einem Embryosack durch den Eintritt zweier Pollenschläuche erklären zu müssen; die Bildung zweier Keime kann jedoch, wie ich jetzt vollständig begreife, auch bei Gegenwart eines einzigen Pollenschlauches stattfinden, und scheint mehr von der Ernährung durch den Embryosack abhängig zu sein, da nur sehr selten zwei Keime in einem Samen einen gleichen Grad der Ausbildung erlangen, häufig dagegen von zwei Anfangs vorhandenen Keimanlagen später die eine verkümmert. So erkläre ich mir denn auch das Verkümmern des zweiten befruchteten Keimkörperchens bei Gladiolus u. s. w.

Bei vielen Pflanzen verlängert sich die durch die Befruchtung aus der Protoplasmakugel entstandene Zelle, ehe sie sich theilt und wächst schlauchartig bis zu einer bestimmten Region des Embryosackes hinab. So bei den Halorageen, Personaten, Labiaten (Fig. 248. p. 384), Borragineen, Cruciferen (Taf. XI. Fig. 10) und bei Loranthus. Die Theilung erfolgt hier erst, wenn die schlauchförmig verlängerte Zelle ihr Ziel erreicht hat, am freien Ende derselben. Aus der Endzelle bildet sich darauf wie oben der Embryo, die lange obere Zelle dagegen wird zum langen Träger desselben, der sich entweder gar nicht oder nur theilweise (Taf. XI. Fig. 10) mit Zellen füllt. Wo dagegen die aus der befruchteten Protoplasmakugel entstandene Zelle sich nicht oder nur wenig verlängert, da hängt der Embryo an einem kurzen Träger (Liliaceae, Irideae, Gramineae, Canneae, Polygoneae, Onagrarieae, Violarieae, Viscum u. s. w.). Wenn der Embryoträger endlich, sich mehr oder weniger verlängernd, anschwillt und entweder leer bleibt (Potamogeton), oder mit Zellen füllt (Cynanchum, Tropaeolum), so hat man denselben Vorkeim (Proembryo) genannt.

Bei den Orchideen wächst die obere, den Embryoträger bildende Zelle der Embryoanlage als kürzerer oder längerer Schlauch, der sich, mit Ausnahme von Sturmia, mit einer Reihe von Zellen füllt, aus dem Knospenmund hervor frei in die Fruchtknotenhöhle hinein, und bei den Tropaeoleen bildet der aus mehreren Zellenreihen bestehende lange Embryoträger, den Einige Vorkeim nennen, sogar nach zwei Seiten hin lange Verzweigungen (Taf. IX. Fig. 17), welche, die Integumente durchbrechend, sich äufserlich um die Samenknospe legen [1]).

Bei den Citrus-Arten, wo zahlreiche Keimkörperchen im Umkreise des Embryosackes entstehen, während der Pollenschlauch nur die Spitze des letzteren berührt, kann derselbe die seitlich gelegenen Keimkörperchen, welche in der Regel in der oberen Hälfte des Embryosackes auftreten, nicht selten aber auch noch weiter abwärts erscheinen, (Taf. XI. Fig. 16) nicht direct befruchten. Eine Befruchtung aus der Entfernung ist aber nach Allem, was wir jetzt wissen, mehr als unwahrscheinlich. Nun finden sich aber im Pollenschlauch der Citrus-Arten länglich runde Körperchen (p. 390), welche, wie es scheint, in einer Schleimschicht, die den Embryosack äufserlich umgiebt, herabgleiten und, wie ich glaube, die Befruchtung der Keimkörperchen vollziehen; zum wenigsten fand ich die letzteren, wenn sie befruchtet waren, immer an der Membran des Embryosackes festgewachsen und zwar so, dafs deren spitzes Ende frei über diese Membran hervorragte (Taf. XI. Fig. 15), an diesem Ende aber hingen nicht selten ein oder mehrere Körperchen, welche in Gröfse und Gestalt den erwähnten Körperchen im Pollenschlauch entsprachen. Ich habe deshalb die letzteren Befruchtungskörper genannt [2]). Ob bei Citrus schon vor dem Antritt des Pollenschlauches wirkliche Keimkörperchen existiren, ist mir zweifelhaft geblieben, jedenfalls müssen dieselben noch vergänglicher als bei den anderen Pflanzen sein [3]), da ich sie mit Sicherheit erst dann nachweisen konnte, wenn sie befruchtet waren und eine feste Membran besafsen; der Fadenapparat schien hier zu fehlen. — Das erste befruchtete Keimkörperchen erscheint immer in der Spitze des Embryosackes, es ragt in vielen Fällen sehr bedeutend über die Mem-

---

[1]) Bot. Zeitung 1855. Taf. IX. Fig. 7—20.

[2]) Pringsheim's Jahrbücher Bd. I. p. 213. Taf. XIV. Fig. 8, 9 u. 10.

[3]) Nach Hofmeister ist die Scheitelgegend des Embryosackes schon vor der Ankunft des Pollenschlauches vollgestopft mit einem Brei zartwandiger Zellen (der Keimbläschen).

bran des letzteren hervor (Taf. XI. Fig. 14). Bald darauf bilden sich neben ihm mehrere (Taf. XI. Fig. 13), so dafs meistens zahlreiche Keimanlagen von verschiedenem Alter nebeneinander liegen, während die seitlich entstehenden Keimanlagen meistens in geringen Abständen von einander erscheinen (Taf. XI. Fig. 15), aber im Alter eben so verschieden sein können. Die Bildung neuer Keimkörperchen und deren Befruchtung dauert bei Citrus, wie es scheint, so lange fort bis im Umkreis des Embryosackes durch freie Zellenbildung die ersten Mutterzellen des Sameneiweifses auftreten. Man findet deshalb in demselben Embryosack neben schon ziemlich weit ausgebildeten, bereits mit Samenlappen versehenen Keimen, noch die jüngsten Anfänge der Embryonen. Von 50—100 Embryonen werden aber höchst selten mehr als 2 oder 3 soweit ausgebildet, dafs sie keimfähig sind und auch bei diesen wenigen ist noch, durch gegenseitige Beschränkung in der räumlichen Entwickelung, die normale Ausbildung der Samenlappen oftmals sehr behindert worden, so dafs der eine oder andere Samenlappen häufig nur seine halbe Gröfse erreicht hat; die übrigen Keimanlagen verkümmern vollständig. — Bei Mangifera indica findet man gleichfalls 2—4 Keime [1]) in einem Samen, allein nur bei einem oder höchstens bei zweien sind die Samenlappen so weit ausgebildet, dafs die Anfangs beginnende Keimung der jungen Pflanzen einen dauernden Fortgang gewinnt. Eine andere Mangifera-Art (?) hat dagegen regelmäfsig nur einen Embryo [2]).

Die Bildung des Keimes aus der unteren Zelle der befruchteten Protoplasmakugel (p. 392) ist bei den verschiedenen Pflanzen nahebei dieselbe. Durch eine Anfangs regelmäfsige Theilung nach bestimmten Richtungen entsteht zuerst eine aus vielen Zellen bestehende Kugelgestalt, welche nur bei wenig Pflanzen auf dieser Entwickelungsstufe verbleibt (bei den Orchideen, Orobancheen, Monotropa, Rafflesia und Hydnora), bei den übrigen Gewächsen aber seitlich entweder eine (bei den Monocotyledonen) oder zwei blattartige Ausbreitungen, die Samen-

---

[1]) Meine Schilderung der Vegetation auf Madeira und Tenerife. Taf. IV. Fig. 12.

[2]) Die Untersuchung ist leider bei Mangifera, wo von 1000 Blüthen vielleicht nur eine befruchtet wird, so schwierig, dafs ich über die Entstehung des Keimes selbst hier nichts erfahren konnte. Bei Funkia coerulea und Scabiosa atropurp. sollen nach Hofmeister mehrere Keime vorkommen, desgleichen nach Meyen bei Helianthemum grandiflorum und nach Tulasne bei Nothoscordon fragrans.

lappen, und neben oder zwischen denselben eine kleine Erhebung, den Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula) bildet. Die Zellenkugel ist die erste Anlage der Keimachse, wo das Stamm- und Wurzelende noch nicht differencirt sind; mit ihrem Auftreten zeigen sich aber auch die Gegensätze beider, indem die Stammknospe sofort Blätter, die Samenlappen erzeugt, das Wurzelende aber entweder durch Bildung einer Wurzelhaube selbst zur Wurzelknospe wird (bei den Dicotyledonen), oder in seinem Gewebe die Anlage zu Nebenwurzeln bildet (bei den Monocotyledonen). Gleichzeitig mit diesen Vorgängen differenciren sich in der Keimachse die verschiedenen Gewebeschichten als Mark, Verdickungsring und Rinde. Im Verdickungsring aber entstehen die Gefäſsbündel, welche im Keime einiger Pflanzen (Quercus, Castanea, Viscum) bereits Gefäſszellen ausgebildet haben. Ebenso entwickelt die Plumula einiger Embryonen schon vor der Keimung unter dem Schutze ihrer Samenlappen junge Blätter (Chamaedorea, Phoenix, Tropaeolum, Persea gratissima). Da das Wurzelende des Keimes immer aus demjenigen Theil hervorgeht, welcher mit dem Aufhängefaden, dem Embryoträger, in Verbindung steht, so liegt dasselbe immer dem Eimund der Samenknospe zugewendet. Nur Citrus und Mangifera können hier eine Ausnahme machen.

Der junge Keim wird während dieser Vorgänge bei der Mehrzahl der Pflanzen durch ein Gewebe ernährt, das sich im Embryosack bildet und Sameneiweiſs, Endosperm, genannt wird. Die Urzellen dieses Gewebes können auf zweierlei Weise entstehen, nämlich: 1. durch Theilung des ganzen Zelleninhaltes des Embryosackes (bei den Personaten, den Labiaten, den Borragineen, ferner bei Monotropa und den Loranthaceen); 2. durch freie Zellenbildung im Umkreis des Embryosackes, worauf die so entstandenen Mutterzellen vom Rande aus allmälig den Embryosack mit einem Gewebe erfüllen (bei den Liliaceen, Irideen, Cucurbitaceen, Onagrarieen u. s. w.). Die Mutterzellen, auf die eine oder die andere Weise entstanden, bilden darauf ihrerseits durch Theilung Tochterzellen. Die Beschaffenheit und der Inhalt des als Sameneiweiſs bekannten Gewebes, desgleichen die Beschaffenheit der Gewebe des Keimes, werden beim Samen näher besprochen.

Der Fadenapparat des Keimkörpers vergeht nach vollzogener Befruchtung ganz allmälig, seine faserige Structur wird undeutlicher, aber vielfach sieht man noch späterhin seine Ueberreste als glänzende structurlose Masse auf dem Scheitel des befruchteten Embryosackes. Der

Fadenapparat scheint als Befestigungsorgan und, wie ich vermuthe, auch zur Ueberführung des Pollenschlauchinhaltes in die Protoplasmakugel zu dienen; seine über den Embryosack vorragende, abgerundete, Spitze scheint (bei Gladiolus und Crocus) kleberiger Natur zu sein.

Während bei denjenigen Phanerogamen, welche einen Fruchtknoten als schützendes Organ für ihre Samenknospen besitzen, der Pollenschlauch eine directe Verlängerung der inneren Membran des Pollenkorns ist (p. 367) und die Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes auftreten, entsteht bei den Nadelhölzern und Cycadeen, deren Samenknospe nackt, d. h. von keinem Fruchtknoten umhüllt sind, der Pollenschlauch aus einer bestimmten Tochterzelle des Pollenkorns (p. 368) und ebenso bildet sich die Keimanlage nicht unmittelbar im Embryosack, sondern im Innern einer besonderen Zelle des schon lange vor der Befruchtung entstandenen Sameneiweifses, welche von Rob. Brown entdeckt und Corpusculum genannt wurde. — Diese Corpuscula bilden sich in folgender Weise: Im ganzen Umkreis des Embryosackes entsteht eine Reihe von Zellen, die, wenn sie sich theilen, zu Mutterzellen des Sameneiweifses werden, wenn sie dagegen ungetheilt verbleiben, die Corpuscula bilden, welche immer in der Spitze des Embryosackes liegen. Bei den Abietinen und bei Araucaria sind es grofse eiförmige Zellen, welche von einer Reihe kleiner Zellen epitheliumartig umgeben werden, bei den Taxineen und Cupressineen dagegen ohne solche Umkleidung verbleiben. Die Corpuscula der Cupressineen liegen als schmale langgestreckte Zellen neben einander (Taf. X. Fig. 25). Bei Taxus treten dieselben schon vereinzelt auf und bei den Abietineen liegen sie immer einzeln, bei Araucaria aber sind sie nicht, wie bei allen anderen Nadelhölzern, an der Spitze des Embryosackes sondern in einem Kreis etwas unterhalb derselben (Taf. X. Fig. 27) versammelt. Die Zahl der Corpuscula ist nach den Gattungen und Arten verschieden, aber wo mehrere vorkommen, niemals constant. Ephedra besitzt nur ein einziges Corpusculum, die Abietineen haben deren 2—6, Taxus hat bis 10, und die Cupressineen haben bis 30 und mehr Corpuscula. In der Spitze des Corpusculum, welche immer freiliegt und über welche, wo die letzteren einzeln vorkommen (Taxus, Podocarpus, Araucaria, Abietineae) sich das Gewebe des Sameneiweifses, einen besonderen Canal bildend, erhebt (Taf. X. Fig. 30—35), oder wo sie beisammen liegen (bei den Cupressineen) ein gemeinsamer Canal entsteht (Taf. X. Fig. 24 u. 26), bildet sich vor der Befruchtung durch eine

horizontale Scheidewand eine Tochterzelle (Taf. X. Fig. 30), aus welcher in der Regel 4 neben einander liegende Zellen, die Schlufszellen (die Deckelrosette nach Hofmeister) (*x*) hervorgehen (Taf. X. Fig. 24—29 u. 31). Diese zeigen einen centralen Zellenkern und körnigen Inhalt[1]). Im körnigen Protoplasma des Corpusculum selbst, entstehen nach der Pflanzenart und nach der Zeit gröfsere oder kleinere Vacuolen (Taf. X. Fig. 24 u. 33), die namentlich bei den Abietineen in grofser Anzahl das ganze Corpusculum ausfüllen und hier in der Regel den Zellenkern des Corpusculum, der bei den Cupressineen sehr deutlich ist, verdecken (Taf. X. Fig. 24). Diese Vacuolen schliefsen häufig andere kleinere Scheinzellen in sich (Taf. X. Fig. 36); ob letztere aber, wie Hofmeister angiebt, einen wirklichen Zellenkern besitzen, lasse ich dahingestellt. Der Pollenschlauch tritt darauf, nachdem er das Gewebe der Kernwarze durchdrungen und in demselben oftmals blasenartige Erweiterungen gebildet hat (Taf. X. Fig. 27), in den Canal über den Corpusculis und legt sich unmittelbar auf die Schlufszellen derselben (Taf. X. Fig. 24 u. 31).

Nachdem der Pollenschlauch hier oft mehrere Wochen scheinbar unthätig gelegen, dringt er bei den Abietineen plötzlich zwischen die Schlufszellen (Taf. X. Fig. 32 und 33) und tritt hier, freilich niemals sehr weit (Pinus, Picea), in das Innere des Corpusculum hinein. Unter ihm erblickt man alsdann eine scharf umgrenzte, aus körnigem Protoplasma gebildete, Masse, die noch keine feste Membran besitzt. Dieselbe Masse aber findet man bald darauf im Grunde des Corpusculum wieder (Taf. X. Fig. 34), und aus ihr entwickeln sich wenig später, in ganz bestimmter Folge, 4 übereinander liegende, jede aus 4 Zellen bestehende, Zellenschichten, wovon die obere (*y*) Schicht sehr bald vergeht, die zweite aber (*a*) zur sogenannten unteren Rosette wird, an der die langen Embryonalschläuche, welche sich aus der dritten Schicht (*b*) bilden, befestigt sind, und die vierte Schicht (*c*) endlich zur Grundlage des künftigen Keimes wird. Während im normalen Falle die Theilung der scharf umgrenzten Protoplasmamasse, welche ursprünglich am Pollenschlauche hängt, erst im Grunde des Corpusculum erfolgt, habe ich bei Pinus silvestris und später auch bei Pinus Pinaster und P. Strobus einzeln Fälle beobachtet, wo dieselbe Masse,

[1]) Bei Pinus Pinaster habe ich die Schlufszellen, hier nur zwei, auf dem Scheitel des Corpusculum als Tochterzellen desselben sitzend, freigelegt. (Taf. X. Fig. 29.)

noch am Pollenschlauche hängend, eine feste Membran erhalten und sich bereits in 4 Zellen getheilt hatte[1]).

Bei den Taxineen und Cupressineen erscheint die erste Anlage zum Embryo ebenfalls in der Spitze der Corpuscula; die Schlufszellen sind um diese Zeit, durch Resorption, verschwunden. Bald darauf findet man den Zellenkörper, der hier die Embryonalschläuche und den Embryo bildet, im Grunde des Corpusculum (Taf. X. Fig. 25 *a*), ja ich glaube diesen Zellenkörper bei Thuja zuerst im oberen, darauf im mittleren und zuletzt weiter ausgebildet im unteren Theile des Corpusculum gesehen zu haben.

Woraus entsteht nun die Anfangs membranlose Protoplasmamasse, aus welcher die Rosette, die Embryonalschläuche und der Embryo hervorgehen, und wie gelangt dieselbe von der Spitze nach dem Grunde des Corpusculum? Diese Fragen kann ich nicht beantworten. — Dafs die Anlage zum Embryo der Nadelhölzer ursprünglich am Pollenschlauche hängt, wird jetzt auch von Hofmeister, welcher diese Thatsache früher bestritt und selbige ursprünglich im Grunde des Corpusculum entstehen liefs, zugegeben. Hofmeister glaubt, dafs sie aus einer jener freien Zellen, die ich nicht für wahre Zellen, sondern für Vacuolen oder Scheinzellen halte, hervorgeht; ich dagegen vermuthe, dafs der körnige Inhalt der Schlufszellen die Protoplasmamasse liefert, welche durch den Pollenschlauch befruchtet, zur Keimanlage wird. Die entleerte Beschaffenheit der Schlufszellen nach der Befruchtung bei den Abietineen und deren Verschwinden bei den Taxineen und Cupressineen, ferner die Bedeutung der Schlufszelle als Tochterzelle des Corpusculum, bestimmen mich zu dieser Vermuthung, welche, wenn sie begründet wäre, eine weitere Analogie zwischen den Nadelhölzern und den übrigen Phanerogamen herstellen würde. Die Corpuscula würden alsdann als secundäre Embryosäcke und die Schlufszellen als die Keimkörperchen derselben erscheinen, sowie der Pollenschlauch der Nadelhölzer als secundäre Zelle der Pollenkörner betrachtet werden mufs.

Im Pollenschlauch über dem Corpusculum von Taxus glaubte ich früher[2]) eine Zellenbildung beobachtet zu haben, die auch von Hofmeister gesehen wurde[3]). Ich hielt dieselbe damals für die erste Anlage des Embryo im Innern des Pollenschlauches, Hofmeister dagegen

[1]) Im Mikroskop Auflage II. Taf. IV. Fig. 27—29 für Pinus silvestris.
[2]) Mikroskop Auflage II. Taf. IV. Fig. 6—10.
[3]) Pringsheim's Jahrbücher Bd. I. Taf. IX. Fig. 2.

glaubte, dafs in diesen Zellen Samenfäden entstehen möchten. Meine frühere Ansicht ist jetzt entschieden widerlegt, aber auch HOFMEISTER's Vermuthung hat sich nicht bestätigt, indem bis jetzt noch Niemand, weder bei den Nadelhölzern noch bei den Phanerogamen überhaupt, bewegliche Samenfäden gefunden hat. Im Pollenschlauch von Pinus Strobus finde ich sogar, nachdem derselbe die Befruchtung vollzogen, nicht selten grofse Stärkmehlkörner (Taf. X. Fig. 32), ebenso sind Scheinzellen (Vacuolen), denen der Corpuscula ähnlich, hier gar nicht selten. Es ist mir jetzt sogar fraglich geworden, ob genannte Zellen wirklich im Pollenschlauche liegen, oder ob sie demselben nur äufserlich anhängen, oder gar die Abdrücke der Schlufszellen auf der Membran des Pollenschlauches darstellen[1]). HOFMEISTER erklärt sich dagegen auch in seinen neuesten Arbeiten für das Dasein dieser Zellen, in welchen er unbewegliche Körperchen gesehen.

Bei denjenigen Abietineen, deren Zapfen hängend ist (Pinus, Picea), kann nun die Anlage zum Keime, welche ursprünglich am Pollenschlauche hängt, wenn sie sich ablöst, einfach durch ihre Schwere an den Grund des Corpusculum gelangen; und wirklich scheint bei Pinus silvestris, P. Pinaster und P. Strobus das Herabsinken der Keimanlage auf diese Weise zu erfolgen, indem der Inhalt des Corpusculum ganz allmälig von oben nach unten dünnflüssiger wird und damit das allmälige Herabsinken befördert. Bei Abies pectinata dagegen, mit aufrechtem Zapfen, ist ein solches Herabsinken der Keimanlage unmöglich, hier mufs dieselbe durch irgend eine mechanische Kraft aufwärts geführt werden[2]). — Zwei Fragen sind demnach für die Nadelhölzer noch unentschieden: 1. Liefern die Schlufszellen das Protoplasma zur Bildung der Keimanlage, oder wird eine jener freien kugelförmigen Blasen, die ich für Vacuolen halte, durch den Pollenschlauch befruchtet? 2. Auf welche Weise gelangt die Keimanlage von der Spitze des Corpusculum, d. h. von demjenigen Ende desselben, in welchem der Pollenschlauch eindringt, an das gegenüber gelegene Ende, um dort sich weiter zu entwickeln?

---

[1]) Taxus baccata war in diesem Sommer (1858) um Berlin so schlecht bestäubt, dafs ich hierüber nicht in's Klare kommen konnte.

[2]) Ich vermuthe, dafs der Pollenschlauch, indem er sich verlängert, die Keimanlage vor sich hinschiebt und selbige an den Ort ihrer Bestimmung geleitet, was bei Juniperus (Taf. X. Fig. 25 *b* und *c*) und Thuja wirklich der Fall zu sein scheint. Zapfen der Weifstanne, welche ich in diesem Sommer (1858) vom Thüringer Wald erhielt, waren noch nicht befruchtet.

Die weitere Ausbildung der Keimanlage ist bei den Nadelhölzern nur in den ersten Stadien verschieden. Bei den Abietineen, wo sich 4 Zellenschichten im Corpusculum bilden, deren jede aus 4 Zellen besteht (Taf. X. Fig. 25), vergeht die obere Schicht (*y*) sehr bald, die zweite Schicht (*a*) dagegen wird zur Rosette, welche im Corpusculum bleibt (Fig. 250 *Da*), die dritte Schicht (*b*) verlängert sich bedeutend, sie bildet die Embryonalschläuche (Fig. 250 *Db*), welche aus dem Corpusculum hervorbrechen und die vierte Schicht (*c*), aus welcher der Keim entsteht, in das aufgelockerte Gewebe des Sameneiweifses unter den Corpusculis (Fig. 250 *Cx*) hinabführen. Die Corpuscula vertrocknen, sobald die Embryonalschläuche mit der Keimanlage dieselbe verlassen haben. Bei Araucaria brasiliensis ist die Höhle des Corpusculum von zahlreichen

Fig. 250.

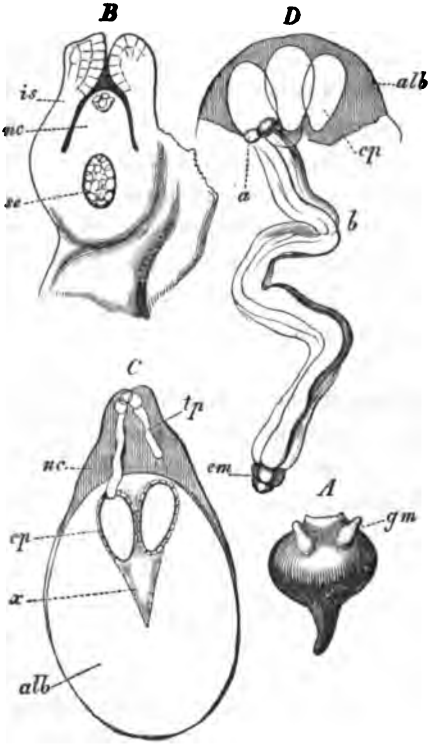


Fig. 250. Der Befruchtungsact der Kiefer. *A* Eine junge Samenschuppe dieses Baumes, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blüthenstand gelöst, die beiden Samenknospen (*gm*) sind bereits angelegt. (Vergröfserung 10 mal.) *B* Längsschnitt durch eine Samenknospe, die schon bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkerns (*nc*) liegen Pollenkörner, *is* die einfache Knospenhülle, *se* der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung stattgefunden. (Vergröfserung 35 mal.) Bis zum kommenden Frühjahr bleibt die Samenknospe ziemlich unverändert; jetzt entstehen, mit dem Erwachen der Natur, im Zellengewebe des Keimsackes die Corpuscula. *C* giebt einen Längsschnitt durch den Knospenkern der Samenknospe im zweiten Frühjahr, die Knospenhülle ist entfernt, *nc* der Knospenkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (*tp*) hinabsteigen und bis zum Corpusculum (*cp*) vordringen, *alb* das Endosperm oder das Zellengewebe im Embryosack, *x* die Partie desselben, welche sich auflockert

langen Zellenschläuchen (*y*) ausgefüllt, welche statt der Rosette einen seitlichen Vorsprung bilden (Taf. X. Fig. 28*a*) und deren weitere Verlängerung die hier sehr zahlreichen Embryonalschläuche (*b*) darstellen, die insgesammt nur einen Embryo tragen[1]). Bei Taxus, Thuja und Cupressus fehlt die Rosette und die Embryonalschläuche, deren Zahl hier nicht fest bestimmt ist, wachsen direct aus dem Corpusculum hervor (Taf. X. Fig. 26). — Bei der Mehrzahl der Nadelhölzer bilden die Embryonalschläuche eines Corpusculum insgesammt nur einen Embryo (Pinus silvestris, Picea vulgaris, Abies pectinata, Larix europaea, Araucaria brasiliensis, Taxus baccata, Thuja orientalis und Thuja occidentalis). Bei anderen dagegen trennen sich die einzelnen Schlauchzellen später von einander und jede derselben bildet ihre eigene Keimanlage (bei Pinus Pinaster, wo aus jedem befruchteten Corpusculum vier junge Embryonen hervorgehen, und nach Hofmeister auch bei P. Strobus).

Die Ausbildung des Keimes erfolgt nun in der Mitte des Sameneiweifses, wohin der junge Keim durch die Verlängerung der Embryonalschläuche geführt wird. Dieselbe unterscheidet sich alsdann nicht wesentlich von der Entwickelungsweise des phanerogamen Embryo im Allgemeinen, indem auch hier zuerst die Achse und darauf unter ihrer Stammknospe die Samenlappen, und zwar bei Araucaria, Thuja, Taxus, Juniperus und Ephedra zwei, bei den Abietinen aber 4—12 entstehen, während sich gleichzeitig am entgegengesetzten Ende der Keimachse die Wurzelhaube bildet und in der Achse sich die verschiedenen Gewebe als Mark, Verdickungsring und Rinde differenziren. Der innere Theil des Sameneiweifses, welcher den jungen Keim umgiebt und von ihnen allmälig resorbirt wird, enthält schon um diese Zeit reichlich Stärkmehl, das wahrscheinlich den jungen Keimen zur Nahrung dient. Die Embryonalschläuche, welche noch lange Zeit als hin- und hergeschlungene vertrocknete Bänder über

und in welche später die Embryonalschläuche hinabsteigen. *D* Der obere Theil des Eiweifses (*alb*) einer befruchteten Samenknospe im Längsschnitt (einige Wochen später), *cp* Corpusculum, *a* die Zellen der Rosette, welche im Grunde des Corpusculum bleiben, während die Embryonalschläuche (*b*) die Keimanlage (*em*) in das Innere des Endosperm hinabführen (*C. x*). Dort entwickelt sich denn auch, vom Endosperm ernährt, der Keim der Kiefer weiter. (*C* und *D* 100mal vergröfsert.)

[1]) Leider fehlen mir für Araucaria die jüngsten Zustände der Keimanlage.

dem jungen Embryo liegen, sind im reifen Samen meistens verschwunden, nur bei Larix sind dieselben noch vollständig erhalten, ebenso bei Zamia muricata, wo sie sich als mehrere Zoll lange verschlungene Bänder auseinander ziehen lassen. Bei Zamia, welche, wie die Cycadeen überhaupt, zwei Samenlappen besitzt, die mit ihrer Spitze verwachsen sind, hat Karsten[1]) dieselben frei entstehen sehen und ihre spätere Verwachsung nachgewiesen, auch bisweilen reife Keimlinge mit zwei freien Samenlappen beobachtet, deren einer alsdann länger als der andere war. Diese interessante Thatsache erklärt denn auch, warum der Keim von Zamia spiralis nur mit einem, der Anlage eines gefiederten Blattes (Wedel) entsprechenden Samenlappen endigt, während doch die Stammknospe von zwei nur an ihrer Basis getrennten Keimblättern umgeben ist (Fig. 154. p. 143).

In der Regel werden bei den Nadelhölzern, und nach Karsten auch bei den Cycadeen, mehrere Corpuscula befruchtet, es bilden sich dann auch die Anlagen zu mehreren Embryonen, welche noch eine Zeit lang neben einander fortwachsen (Taf. X. Fig. 26), darauf aber meistens bis auf eine verkümmern, so dafs nur selten zwei Keime zur Ausbildung gelangen, wovon der eine überdies weniger entwickelt ist. Bei Araucaria brasiliensis finden sich dagegen häufig zwei ausgebildete keimfähige Embryonen in demselben Samen.

Hofmeister hat die Corpuscula der Nadelhölzer und Cycadeen mit den Archegonien der höheren Kryptogamen verglichen, und in der Entwickelungsweise des Keimes der Selaginella, welcher von einer schlauchförmigen Zelle aus der Centralhöhle des Keimorgans in das unter dem Vorkeim liegende Gewebe geführt wird (p. 274), welches er mit dem Endosperm der Nadelhölzer vergleicht, eine Stütze seiner Ansicht gefunden, nach welcher die Coniferen das Zwischenglied zwischen den höheren Kryptogamen und den Phanerogamen bilden (Taf. VII. Fig. 41).

Wenn wir jetzt die Befruchtungserscheinungen der Phanerogamen im Wesentlichen zusammenfassen, so erhalten wir folgende Sätze:

1. Im Zeugungsact erfolgt eine materielle Vermischung des Pollenschlauchinhaltes mit der im Embryosack präexistirenden, membranlosen Protoplasmakugel des Keimkörperchens.

2. Die erste Zelle des neuen Organismus präexistirt nicht fertig

[1]) H. Karsten über Zamia muricata. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften. 1857. p. 209.

im Embryosack, sie ist vielmehr das Resultat der Zeugung, und zwar so, dafs bei denjenigen Pflanzen, wo der Pollenschlauch nicht in den Embryosack dringt und deren Keimkörperchen einen Fadenapparat besitzen, nur ein Theil des Keimkörperchens, die Protoplasmakugel, durch die Befruchtung zur ersten Zelle des neuen Organismus wird.

3. Eine unmittelbare Berührung des Pollenschlauchendes mit dem Keimkörperchen ist durchaus nothwendig; nur bei Citrus, wo eine solche Berührung nicht stattfindet, wird die Begattung wahrscheinlich durch bewegungslose Befruchtungskörper (?) vollzogen. Der Inhalt des Pollenschlauches scheint in dem Protoplasma des Keimkörperchens aufzugehen.

4. Der Inhalt eines Pollenschlauches kann mehrere Keimkörperchen befruchten.

5. Bei den Nadelhölzern und Cycadeen erfolgt *a*) die Bildung des Pollenschlauches nicht direct aus der inneren Membran des Pollenkornes, sondern indirect aus einer secundären Zelle des letzteren und *b*) die Befruchtung gleichfalls nicht unmittelbar im Embryosack, sondern indirect in einer secundären Zelle desselben, im Corpusculum.

Vergleichen wir jetzt diese Sätze mit den von Pringsheim für die Befruchtung der Algen aufgestellten Thesen (p. 212), so fehlen zur völligen Uebereinstimmung nur die beweglichen Befruchtungskörper im Pollenschlauch.

Bei sehr vielen Pflanzen ist die weitere Ausbildung des Fruchtknotens zur Frucht und der Samenknospe zum Samen von der Befruchtung abhängig, so bei den Orchideen, wo nur der bestäubte Fruchtknoten anschwillt, der unbestäubte aber vertrocknet. Die nicht bestäubte Blüthe blüht hier viel länger; die Blüthenhüllen der bestäubten Blumen dagegen vertrocknen, sobald der Fruchtknoten zu schwellen beginnt, welche Verhältnisse in ähnlicher Weise bei der Mehrzahl der Pflanzen wiederkehren. Bei anderen Gewächsen dagegen bilden sich auch ohne Bestäubung Frucht und Samen aus, so bei den Feigenarten, deren sonst normal ausgebildete Samen vielfach (auf Madeira bei Ficus Carica immer) ohne Keime sind und ebenso bei Carica cauliflora, wo die weiblichen Blüthen in Funchal, aus Mangel männlicher Bäume, niemals, selbst nicht durch den Blüthenstaub der oftmals nahestehenden Carica Papaya, befruchtet werden und dennoch Frucht und Samen scheinbar eben so vollkommen ausbilden, als bei der letztgenannten Pflanze, die reichlich keimfähigen Samen bringt; im vorhandenen Samen-

eiweifs der nicht befruchteten Carica cauliflora fehlt nur der Embryo. Die Samenknospen der Salisburia biloba und der Cycas revoluta bilden gleichfalls ohne Bestäubung pflaumenartige Beeren mit Sameneiweifs ohne Keimling.

Während hier die weitere Ausbildung des Fruchtknotens und der Samenknospe nicht, wie gewöhnlich, von der Befruchtung abhängig ist, soll bei Coelebogyne ilicifolia sogar eine Keimbildung ohne Bestäubung erfolgen (??). Die weibliche Pflanze dieser aus Neuholland stammenden Euphorbiacee, schon länger in den Gärten cultivirt, an der man bis jetzt keine Antheren gefunden, bringt nämlich alljährlich keimfähigen Samen, während die männliche Pflanze bis jetzt in den europäischen Gärten nicht gezogen, nur nach einigen Exemplaren im Herbarium zu Kew bekannt ist. Deecke und Radlkofer fanden im Embryosack der weiblichen Pflanze normal gebildete Keimbläschen, die sich später, den befruchteten Keimkörperchen anderer Gewächse ähnlich, theilten und in normaler Weise eine Keimanlage bildeten, welche auch, wie ich mich selbst überzeugt habe, in ihrem Bau dem Embryo anderer Euphorbiaceen vollkommen entspricht und in der Mitte eines Sameneiweifses liegt. Der Keim der Coelebogyne hat eine Radicula mit Wurzelhaube und eine Plumula mit 2 ziemlich grofsen, flachen, am Rande etwas vertieften Samenlappen. Radlkofer hat gar keinen und Deecke nur einmal einen Pollenschlauch gefunden. A. Braun hat die Keimung dieser Embryonen beobachtet. Bei den Bienen und Schmetterlingen wurde schon länger eine sogenannte jungfräuliche Zeugung, die man jetzt Parthenogenesis nennt, vermuthet; auch die Coelebogyne galt schon länger als ein Beispiel derselben im Pflanzenreich. In neuester Zeit ist nun diese Frage durch v. Siebold für das Thierreich und namentlich durch A. Braun für das Pflanzenreich wieder in Anregung gebracht. Ich habe leider bis jetzt nicht Zeit und Gelegenheit gehabt, die Entwickelungsgeschichte der Blüthe sowohl als des Keimes der Coelebogyne selbst zu verfolgen und mufs mich deshalb jedes Urtheils enthalten, vermuthe jedoch, dafs die näheren Verhältnisse hier noch nicht vollständig aufgeklärt sind. Mercurialis annua soll ebenfalls ohne Blüthenstaub keimfähige Samen bilden (?). Für die Feige wurde früher, allein mit Unrecht, dasselbe behauptet (p. 338). Radlkofer[1]) hält die Parthenogenesis für eine besondere Art der ungeschlechtlichen Vermehrung und vergleicht die selbstständige Ausbildung unbefruchteter Keimbläschen mit der Ent-

wickelung eines neuen Sprosses aus seiner Urzelle. Er sieht nichts Befremdendes darin, dafs eine normal der geschlechtlichen Vermehrung dienende Zelle, unter Umständen auch der ungeschlechtlichen Vermehrung Rechnung trage. Die Keime der Coelebogyne sollen bisher nur weibliche Pflanzen geliefert, also, gleich dem Sprofs, nur das Geschlecht ihrer Stammpflanze vervielfältigt haben.

Durch Bestäuben einer Pflanze mit dem Pollen einer anderen Art oder Varietät erhält man Bastarde und Mischlinge. Die ächten Bastarde nun, welche durch Kreuzung mit dem Blüthenstaub einer anderen Art erhalten werden, sollen nach Klotzsch zwar einen durchaus normal gebildeten weiblichen Apparat, aber unvollkommen entwickelten Blüthenstaub besitzen und deshalb ihre Blüthen nicht fruchtbar bestäuben können, sowie man bei dem Bastard des Pferdes und Esels eine mangelhafte Beschaffenheit des männlichen Samens angegeben und danach die Unfruchtbarkeit der Maulesel und Maulthiere unter sich abgeleitet hat[2]). Die Mischlinge dagegen durch Kreuzung mit dem Blüthenstaub einer Varietät entstanden, sollen nach Klotzsch wohlausgebildete Pollen besitzen und deshalb sich selbst fruchtbar bestäuben können. Klotzsch glaubt damit eine sichere Unterscheidung zwischen Art und Varietät gefunden zu haben. Andere dagegen behaupten, dafs auch die Bastarde unter sich, wenngleich in beschränktem Grade, fruchtbar sind. — In Frankreich hat namentlich die durch E. Fabre angeregte Aegilops-Frage grofses Aufsehen erregt. Fabre hielt nämlich das als Aegilops triticoides Requien bekannte

---

[1]) Zur Literatur über die Parthenogenesis:
Bergsma, de parthenogenesi plantarum. Traj. ad Rhen. 1857.
A. Braun, die Parthenogenesis der Pflanzen. Abhandl. der Berl. Akademie 1857.
Gasparrini, Note sur l'origine de l'embryon. Annal. des sciences 1846.
Leuckart, in Wagner's Handbuch der Physiologie. IV. 1853. p. 957.
Müller, die Befruchtung incompleter Blumen. Bot. Zeit. 1857. p. 729.
Naudin, Observations relatives à la format. de graines sans le secour du pollen. Compt. rend. 1856. No. 10.
Radlkofer, die wahre Parthenogenesis bei Pflanzen. v. Siebold's u. Kölliker's Zeitschrift 1857. Das Verhältnifs der Parthenogenesis u. s. w. Leipzig 1858.
Ramisch, Samenbildung ohne Befruchtung am Bingelkraut. (Weitenweber's Beiträge zur gesammten Natur- und Heilkunde 1837.) Bonplandia 1856.
v. Siebold, wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen. 1856.
J. Smith, Notice of a plant wich produces perf. seeds without pollen. Linn. Transact. 1841. — Ders., die sogenannte Parthenogenesis bei Coelebogyne. Bonplandia 1857.
Ungenannter, über Sprofsbildung innerhalb der Samenhülle von Coelebogyne. Bonplandia 1857.

[2]) In Spanien und Portugal sind übrigens einzelne Fälle der fruchtbaren Begattung des Maulthierhengstes mit der Maulthierstute oder Pferdestute bekannt.

Gras für eine Uebergangsform der Aegilops ovata und A. triaristata in eine Weizenart. Godron zeigte dagegen, dafs genanntes Gras ein fruchtbarer Bastard von Aegilops ovata und A. triaristata mit dem Pollen des Weizens sei, indem er selbst die Kreuzung vornahm und fruchtbare Bastarde erzielte, was Planchon bestätigt hat. Ganz neuerlich hat nun Grönland in Paris die Versuche von Godron mit Aegilops ovata wiederholt, deren Blüthen, nach sorgfältiger Entfernung ihrer eigenen Antheren, mit dem Blüthenstaub verschiedener Weizenformen bestäubt wurden und deren Bastarde danach unter sich verschiedene, ihrem Vater mehr oder weniger ähnliche Pflanzen bildeten, welche mit ihrem eigenen Pollen bestäubt, wenngleich nur sparsam, keimfähige Samen brachten, von denen die Mehrzahl in diesem Frühjahr aufgegangen ist. Auch Fabre hat mehr als 12 Jahr hintereinander von dem durch Godron für einen Bastard erklärten Aegilops triticoides keimfähige Samen erhalten. Wenn diese Untersuchungen sich weiter bestätigen, so wäre damit bewiesen 1. dafs der Blüthenstaub der ächten Bastarde nicht durchaus unfruchtbar ist, obgleich in demselben, auch nach meinen Untersuchungen bei Bastarden von Fuchsia, viel taube Pollenkörner vorzukommen scheinen; 2. dafs neue sich fruchtbar vermehrende Pflanzenformen durch Kreuzung zwischen unter sich verschiedenen Pflanzenarten entstehen können, wodurch die Bildung neuer Arten in der geschichtlichen Zeit, welche bis jetzt geleugnet wurde, festgestellt wäre. Denn ein Gewächs, das sich durch Selbstbestäubung vermehrt und deren Nachkommenschaft den Eltern in allen Stücken gleich ist und gleich bleibt, darf sehr wohl als neue Art betrachtet werden.

Für die Blumisten und Obstzüchter ist die Anzucht von Mischlingen und Bastarden von grofser Bedeutung geworden; auch hat Klotzsch durch Kreuzung mit dem Pollen von Solanum utile eine neue Kartoffelsorte erhalten, welche bis jetzt der Krankheit wiederstanden[1]).

---

[1]) Zur Literatur über die Bastardzeugung:

Bradley, New improvements of planting and gardening. London 1739.

E. Fabre, de l'Aegilops triticoides. Mémoires de l'Acad. de Montpellier 1853.

v. Gärtner, über Bastardzeugung im Pflanzenreich. Stuttgart 1849.

Godron, la fécondation des Aegilops par les Triticum. Annales des sciences. Série 4. p. 217. — Ders., de l'Aegilops triticoides et de ses differentes formes. Annales des sciences. Série 4. Tom. V.

Grönland, die Bastardbildung in der Gattung Aegilops. Pringsheim's Journal Bd. I. p. 514—529.

Jordan, sur la question rélative aux Aegilops triticoides et speltiformis. Paris 1857. — Ders., Nouveau mémoire sur la question rélative aux Aegilops

XVII. Die Frucht und der Same der Phanerogamen.

Die Frucht der Phanerogamen.

§. 82. Die **Frucht** (fructus) entsteht aus dem befruchteten Fruchtknoten, sie umschliefst zur Zeit der Reife den reifen Samen. — Wo in der Blüthe kein Fruchtknoten vorhanden ist, da kann auch später von keiner Frucht die Rede sein; so bei den Nadelhölzern und bei den Cycadeen. Bei Viscum, wo keine Samenknospe als besonderes Organ auftritt, wo deshalb auch ein eigentlicher Fruchtknoten als hohles, die Samenknospe umschliefsendes Organ mangelt, wird das Gewebe der Blüthenachse, welches den Embryosack umgiebt, zur Frucht. In allen übrigen Fällen dagegen entsteht die **Fruchtschale** (das Pericarpium) aus der Wand der Fruchtknotenhöhle selbst, mit der sich noch andere Theile der Blüthe oder des Blüthenstandes verbinden können.

In der Lehre von den Früchten herrscht noch eine grofse Verwirrung, weil man in der Regel die Entwickelungsgeschichte wenig berücksichtigt und deshalb oftmals in unconsequenter Weise eine Menge überflüssiger Namen geschaffen hat, worüber v. Mohl [1]) und Schleiden sich mit Recht beklagen, der letztere aber einen besseren Weg angebahnt hat, dem ich hier folgen und das Ueberflüssige bei Seite lassen werde. — Ebenso schlecht wie um die Ableitung der Fruchtformen durch die Entwickelungsgeschichte, steht es um die chemischen Veränderungen des Inhalts und der Wandung der Zellen während der Ausbildung oder des Reifens der Früchte, wir kennen hier die Veränderungen meistens nur so weit, als sie mit dem Mikroskop und den wenigen mikroskopischen Reagentien, welche wir besitzen, ermittelt werden können [2]).

---

triticoides et speltiformis. Annal. de la société de Lyon. Nouvelle série. Tom. IV.
Klotzsch, Pflanzenbastarde und Mischlinge. Monatsbericht d. Berl. Akad. 1854.
Knight, Phil. Transact. 1799. — Ders., Transact. of the Hortic Soc. of London. Vol. III—V.
Koelreuter, Versuche über das Geschlecht der Pflanzen. Leipzig 1761.
Meyen, Pflanzenphysiologie Bd. III. p. 364.
Planchon, über Aegilops ovata. Bulletin de la société botanique de France. Tom. IV. p. 573.
Wichura, die künstlich erhaltenen Weidenbastarde. Flora 1854. p. 1.
Wiegman, Bastardzeugung im Pflanzenreich. Braunschweig 1828.

[1]) v. Mohl, Einige Bemerkungen über die botanische Terminologie. Bot. Zeitung 1843. p. 3.

[2]) Zur Literatur über die Frucht und den Samen:

de Candolle, Organographie végétale. Paris 1827.
Gärtner, de fructibus et seminibus plantarum. Stuttgart 1788.
Hartig, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes, dessen Stoffumbildung und Stoffumwandelung während des Reifens und Keimens. Leipzig 1858.
Richard, Analyse du fruit. Paris 1808.

Wenn eine Blüthe mehrere getrennte Fruchtknoten besitzt, so finden sich später auch eben so viele Einzelfrüchte wieder, es sei denn, dafs einige derselben nicht zur Ausbildung gelangen. In einem solchen Falle haben wir eine zusammengesetzte Frucht (fructus compositus) vor uns; bei den Rosaceen, Ranunculeen und Magnoliaceen. Bei Nelumbium erhebt sich der Blüthenboden als trichterförmiges Organ über die einzelnen flaschenförmigen Fruchtknoten, so dafs ihre Narben nur, dem Hals einer Flasche ähnlich, über die wagerecht geschlossene Fläche hervorsehen. Bei Anona verwachsen die einzelnen Fruchtknoten nach der Befruchtung mit einander zu einem Ganzen, die zusammengesetzte Frucht enthält eben so viele Samen als Fruchtknoten befruchtet wurden, wovon die Gestalt der reifen Frucht abhängig ist, indem die nicht befruchteten Pistille kleiner und weniger ausgebildet erscheinen. Man hat den Fruchtstand der Compositen, desgleichen der Ananas wohl als zusammengesetzte Frucht betrachtet, wird denselben aber richtiger als Fruchtstand auffassen müssen, weil hier jede Blüthe nur einen Fruchtknoten besitzt, viele Blüthen aber als Blüthenstand vereinigt sind, während bei der ächten zusammengesetzten Frucht einzelne Blüthen mit zahlreichen getrennten Pistillen auftreten.

Ein Fruchtstand (Dispositio fructuum) ist aus einem Blüthenstand (Inflorescentia) hervorgegangen, für ihn gilt deshalb alles was vormals für den Blüthenstand Anwendung fand. Die Kornähre, die Weintraube, der holzige Zapfen der Erle sind Fruchtstände; die Zapfen der Nadelhölzer und der Cycadeen dagegen müssen als Samenstände betrachtet werden. Bei der Ananas liegt die Fruchtknotenhöhle jeder Einzelblüthe tief in das Gewebe der Achse des Blüthenstandes eingesenkt, und diese Achse wird als Fruchtstand saftig, ebenso ist die reife Feige ein saftig gewordener becherförmiger Blüthenstand, wo die Theile der Einzelblüthen selbst gleichfalls saftig geworden sind. Der innere, oftmals anders gefärbte Theil der reifen Feige, welcher die zahlreichen Samen enthält, besteht aus den saftig gewordenen Blüthen, der äufsere rindenartige, aber gleichfalls saftig gewordene Theil gehört dem gemeinsamen Blüthenboden (Fig. 235. p. 342). Auch die sogenannte Frucht der Maulbeere ist ein ächter Fruchtstand, die Blüthenhülle jeder einzelnen Blüthe ist hier wie bei der Feige fleischig geworden.

Schleiden, Grundzüge der Botanik. Bd. II. — Ders. mit Vogel, über das Albumen. Acta acad. L. C. XIX.
Treviranus, Physiologie. Bd. II.

Während sich jeder Fruchtknoten zur Einzelfrucht ausbildet, vertrocknen in der Regel Narbe und Staubweg und verschwinden bald ganz oder theilweise (bei Anona und bei Citrus fallen sie glatt vom Fruchtknoten, bei anderen Pflanzen bleiben sie vertrocknet auf demselben stehen; Adansonia). Auch die übrigen Blüthentheile verwelken meistens bald nach der Befruchtung und trennen sich nach ihrem Bau einzeln oder zusammenhängend, wenn selbige nämlich in der Blüthe verbunden sind (die Blumenkrone und Staubfäden der Borragineen, Labiaten, Ericaceen u. s. w.), oder sie bleiben vertrocknet auf dem sich zur Frucht ausbildenden Fruchtknoten (bei Pereskia). Bei der Opuntia Ficus indica werden sämmtliche Blüthenorgane nach der Befruchtung durch Bildung einer Korkschicht auf dem Scheitel des Fruchtknotens als ein Ganzes abgeworfen, so dafs auf dem Scheitel der Frucht eine Vertiefung mit glatter Oberfläche entsteht. Der Kelch, welcher vielfach nicht abgeworfen wird und als Calyx persistens an der Frucht verbleibt (bei Canna, Bromelia Ananas), entwickelt sich in manchen Fällen mit derselben weiter, er bildet z. B. die aufgeblasene häutige Hülle, welche die Frucht von Physalis und Cucubalus bacciferus umgiebt; sich dicht an den Fruchtknoten legend umschliefst er die Frucht von Clethra und Visnea und bildet, indem er bei der letztgenannten Pflanze saftig wird, die blau gefärbte Scheinbeere, welche auf den Canaren, wie bei uns die Heidelbeere, verwerthet wird.

Wenn in der Blüthe ein Discus vorhanden ist, so kann sich dieser unter Umständen an der Fruchtbildung betheiligen, z. B. bei den ächten Cupuliferen, wo er die Cupula bildet, während die eigentliche Frucht auch hier aus dem Fruchtknoten selbst entsteht. Die Eiche mit einem Fruchtknoten hat eine einfache Frucht, die Buche und die Kastanie dagegen mit 2 und mehreren Fruchtknoten in einer Cupula haben zusammengesetzte Früchte. Wenn eine Blüthenröhre vorhanden ist, auf welcher Kelch, Blumenkrone und Staubfäden stehen, so kann auch diese an der Fruchtbildung theilnehmen; bei der Rose bildet der Discus, auf dem Kelch, Blumenblätter und Staubfäden eingefügt sind, fleischig werdend, die Hahnbutte, welche mit der Cupula der Buche zu vergleichen ist und wie diese mehrere Früchte umschliefst. Aus demselben Discus, mit der Wand der einzelnen Fruchtknoten verschmolzen, entsteht die Scheinfrucht (fructus spurius) des Apfels, der Birne und der Granate, was an die Ananas erinnert, wo die Fruchtknoten der Einzelblüthe mit der Achse des ährenförmigen

Blüthenstandes verschmolzen sind. Bei dem Apfel und der Birne liegen die einzelnen Fruchtknoten in einem Kreise, bei der Granate dagegen liegen sie in zwei Kreisen über einander. Auch der Blüthenboden betheiligt sich bisweilen an der Fruchtbildung, was namentlich für die zusammengesetzten Früchte gilt; bei der Erdbeere bildet derselbe den fleischig gewordenen, stark angeschwollenen Theil, welcher die Einzelfrüchte als kleine, schwarze, holzig gewordene Körner trägt, bei der Himbeere dagegen bleibt er kegelförmig und ungeniefsbar, während die zahlreichen Einzelfrüchte anschwellen und sich zur saftigen Beere ausbilden, welche mit einander verklebt, denselben umgeben; ähnlich bei der Anona, wo diese Beeren nicht einzeln, sondern mit einander zu einem Ganzen verwachsen sind. Sogar der Blüthenstiel kann sich mit an der Fruchtbildung betheiligen, wie dies bei Blüthen mit unterständigem Fruchtknoten mehrfach der Fall ist, z. B. bei dem Apfel und der Birne, wo man den Discus als zum Blüthentheil gehörig betrachten kann, und bei den Orchideenfrüchten. Bei dem unterständigen Fruchtknoten ist überhaupt keine scharfe Grenze zwischen Blüthenstiel und Fruchtknoten vorhanden, man kann den letzteren gewissermafsen als den hohl gewordenen Blüthenstiel auffassen. Die Frucht der Opuntia ist ein hohl gewordener, im Innern Samen tragender Zweig, welcher in den Boden gepflanzt, Wurzeln schlägt, und aus Achselknospen junge Zweige bilden und so zur neuen selbstständigen Pflanze werden kann.

Die Umwandlung der einzelnen Fruchtknoten in eben so viele Einzelfrüchte beginnt bald nach deren Bestäubung, es scheint sogar bei vielen Pflanzen, als ob die letztere hierauf von Einflufs wäre. Eine Blüthe, die nicht bestäubt wird, blüht in der Regel länger als eine andere Blüthe derselben Pflanze, welche Blüthenstaub empfing. Während bei der ersteren Kelch und Blumenblätter frisch bleiben, welken sie bei der anderen bald nach der Bestäubung und vertrocknen, dagegen schwillt der Fruchtknoten alsbald mehr oder weniger an, während er im anderen Falle in der Regel später, vom Gelenk des Blüthenstieles ausgehend, vertrocknet, so dafs die ganze Blüthe abfällt. Als Beispiele die Blüthe der Orchis-Arten und der Obstbäume. Es folgt hieraus, dafs die Bestäubung und in Folge derselben die Bildung der Pollenschläuche eine besondere Thätigkeit in den zur Samenbildung wesentlichen Theilen hervorrufen mufs, so dafs vorzugsweise diese ernährt werden, wodurch von nun ab den unwesentlichen Theilen der

Blüthe, als Kelch, Blumenblätter, Staubfäden und Narbe die Nahrung entzogen wird, weshalb selbige vertrocknen. Es folgt aber auch ferner hieraus, dafs die durch den Befruchtungsact im Fruchtknoten erregte Thätigkeit, die Saftverbindung des Fruchtknotens mit der Pflanze selbst, unterhält, während selbige bei nicht erfolgter Bestäubung aufhört, weil die Thätigkeit im Fruchtknoten erlischt, weshalb die nicht bestäubten Blüthen nach einiger Zeit vertrocknen und abfallen. Im pflanzlichen sowohl als auch im thierischen Organismus beruht alles auf Gegenseitigkeit, der Stoffwechsel aber ist die Quelle des Lebens. Der Einflufs der Bestäubung auf das Leben im Fruchtknoten zeigt sich am schärfsten bei den Asclepiadeen, wo jedes Fruchtknotenfach seinen eigenen Staubwegcanal besitzt. Nur das bestäubte Fach entwickelt sich hier weiter; das ihm zur Seite liegende nicht bestäubte vertrocknet dagegen. Allein es giebt auch Ausnahmen von dieser Regel (p. 404).

Von der Bestäubung ab entwickelt sich nun ganz allmälig der Fruchtknoten zur Frucht, die Veränderungen, welche er dabei erleidet, beziehen sich 1. auf das Gröfserwerden; 2. auf die Ausbildungsweise seiner Zellen; 3. auf die chemischen Veränderungen des Inhaltes derselben. — Das Gröfserwerden oder das Wachsthum des Fruchtknotens durch Zellenvermehrung und Zellenausdehnung fällt in die erste Periode der Umwandlung des Fruchtknotens zur Frucht. Die verschiedene Ausbildungsweise der vorhandenen Zellen in mehr oder weniger scharf gesonderte Schichten bezeichnet darauf die zweite Periode, und die chemischen Veränderungen des Inhaltes endlich zeigen sich vorzugsweise beim Reifen der Früchte. Schon in der Blüthe, wie überhaupt im Leben jeder Zelle, wirkt der chemische Progrefs; eine Zellenbildung, eine Verdickung der Zellenwand und eine Anhäufung von Nahrungsstoffen in der Zelle sind ohne ihn nicht denkbar; in der entschiedensten Weise aber zeigt sich seine Thätigkeit erst bei dem Reifen der Früchte, indem hier die Umwandlung der Stoffe auf chemischem Wege am auffälligsten hervortritt. Die zur Wand der Frucht gewordene Wand des Fruchtknotens wird Pericarpium genannt.

Die 3 so eben bezeichneten Momente üben nunmehr auf die Entwickelung der Frucht sehr wesentlichen Einflufs. Die Gestalt der Früchte, die Beschaffenheit des Gewebes derselben, die Producte der Zellen und die Weise, in welcher der Same aus der Frucht entlassen wird, sind Folgen dieser Veränderungen.

Die Gestalten der Früchte sind äufserst mannigfaltig, aber keiner allgemeinen Bestimmung fähig; Haare, Stacheln, Warzen, flügelartige Ausbreitungen und dergleichen mehr sind hier und da vorhanden. Die Veränderungen, welche die Gewebeschichten des Fruchtknotens während seiner Ausbildung zur Frucht erleiden, lassen sich dagegen schon eher unter bestimmte Gesichtspunkte zusammenfassen; es kann sich nämlich die eine Schicht durchaus anders als die andere ausbilden. Es kann ferner sowohl die innerste Gewebeschicht und mit ihr bei einem mehrfächerigen Fruchtknoten die Scheidewand der Fächer resorbirt werden oder vertrocknen, weshalb sich aus der reifen Frucht nicht rückwärts auf den Bau des Fruchtknotens schliefsen läfst. Die verschiedene Ausbildung des Gewebes bezieht sich aber nicht allein auf die Schichten der Fruchtknotenwand, sondern auch auf ganz bestimmte Regionen derselben. Die Art des Aufspringens der Kapselfrüchte ist z. B. die Folge einer bestimmten Anordnung von Zellen, welche beim Austrocknen der Frucht als Nähte aufreifsen. Schon im unbestäubten Fruchtknoten lassen sich diese Nähte durch den Bau ihrer Zellenwand und durch ihren Inhalt von den übrigen Theilen der Fruchtknotenwand unterschieden. Die Producte der Zellen endlich sind wieder von der Ausbildungsweise der Gewebeschichten abhängig; nur die nicht verholzten Gewebe bilden Kohlenhydrate als Stärkmehl, Zucker u. s. w., desgleichen Pflanzensäuren.

Die Einzelfrüchte lassen sich in 3 grofse Gruppen theilen[1]): 1. in solche, welche sich in bestimmter Weise öffnen und ihre Samen entlassen: Kapselfrüchte (Capsulae); 2. in andere, welche sich nicht öffnen, dagegen in einzelne Stücke zerfallen, ohne dafs der Same entlassen wird: Spaltfrüchte (Schizocarpia); 3. in solche, welche weder aufspringen noch in Theile zerfallen: Beeren, Steinbeeren und Schliefsfrüchte (Baccae, Drupae, Achenia).

Die Weise des Aufspringens der Kapselfrüchte ist verschiedener Art und immer von dem Bau des Fruchtknotens, aus dem sie entstanden sind, abhängig; so öffnet sich die Kapselfrucht an ihrer Spitze mit einer kurzen Spalte oder einem Loch, bei Papaver, Hyosciamus und Dictamnus, die Zahl der Löcher entspricht hier der Zahl der Fruchtknotenfächer. Oder sie öffnet sich mit Längsspalten, wie bei den Orchideen, wo zu beiden Seiten jedes Samenträgers eine Längs-

---

1) Schleiden, Grundzüge. Bd. II. p. 404.

spalte erscheint; da nun 3 Samenträger vorhanden sind, so finden sich natürlich 6 Längsspalten. Oder die Kapsel öffnet sich mit Klappen (Fig. 251), welche sich entweder von den stehen bleibenden Scheidewänden ablösen (Dehiscentia septifraga) Cobaea scandens, Gossypium, Rhododendron, oder die Scheidewände spalten sich in 2 Längslamellen (Dehiscentia septicida, valvulae margine septiferae) Colchicum, Aristolochia, oder die Scheidewände bleiben ungetheilt mit der Mitte der Klappe verbunden (Dehiscentia loculicida, valvulae medio septiferae) (bei Iris, Tulipa, Syringa, Oenothera). In diesen 3 Fällen entspricht die Zahl der Klappen der Zahl der Fächer, welche vormals dem Fruchtknoten eigen waren. Das Mittelsäulchen bleibt bei den beiden letzten Arten bisweilen isolirt als Fruchtsäule (Columella) zurück. Aufserdem giebt es noch einfächerige Kapselfrüchte, welche im Umkreis mit einer Cirkellinie aufspringen (Capsulae circumscissae) bei Anagallis, sowie einfächerige, welche sich mit einfacher Längsspalte öffnen (bei den Leguminosen und Proteaceen), oder die mit mehreren Klappen aufspringen (bei Viola mit 3 Klappen). Es ist bei einigem Nachdenken leicht begreiflich, dafs die Art des Aufspringens der Kapselfrucht nicht immer als Zerfallen derselben in ihre ursprünglichen Theile gedeutet werden kann, obschon häufig, z. B. bei den Proteaceen, die Frucht längs der Naht des Fruchtblattes aufspringt. Die Capsula circumscissa und jede aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangene Kapselfrucht widerlegen diese Ansicht zur Genüge. Sehr wichtig ist es dagegen auf die Stellung der Spaltungslinie zu den Scheidewänden der mehrfächerigen Frucht oder zu den Samenträgern der einfächerigen Frucht zu achten. Das Aufspringen durch Löcher, durch Längsspalten und durch Klappen ist streng genommen nur dem Grade nach, in welchem die Trennung erfolgt, von einander verschieden, weshalb auch hier die Stellung der Trennungslinien zu den Scheidewänden oder Samenträgern wohl zu berücksichtigen ist. Die vielen Namen, welche die einzelnen Arten der Kapselfrüchte erhalten haben, sind durchaus überflüssig; und wäre es jedenfalls besser, die Gestalt der Frucht, die Beschaffenheit ihrer Wan-

Fig. 251.

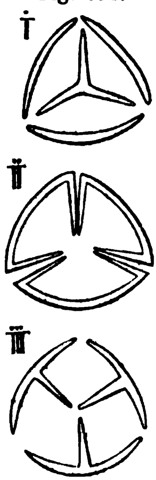


Fig. 251. Das Aufspringen der Kapselfrüchte, schematisch dargestellt. I Dehiscentia septifraga. II Dehiscentia septicida. III Dehiscentia loculicida.

dung und die Art ihres Aufspringens kurz aber genau zu beschreiben Die reife Kapselfrucht kann saftig, häutig oder holzig sein. Saftig ist sie bei Impatiens, wo die Fächer plötzlich von unten nach oben, sich zusammenrollend, aufspringen und an dem Mittelsäulchen hängen bleiben. Häutig bei der reifen Erbse und holzig bei den Früchten von Banksia und Hakea.

Die Spaltfrucht (Schizocarpium) ist nach der Weise, in welcher die Theilung erfolgt, verschieden. Die durch Längstheilung entstandenen Stücke einer Frucht pflegt man Cocci oder Mericarpia zu nennen (bei den Malvaceen, Borragineen, Rubiaceen, Umbelliferen, Geraniaceen, bei Tropaeolum und bei Acer). Die durch Quertheilung entstandenen Stücke bezeichnet man dagegen als Glieder (Articuli); bei Raphanus und bei Hippocrepis.

Bei der Kapselfrucht und bei der Spaltfrucht ist die Wand zur Zeit der Reife entweder trocken oder holzig, bei der Beerenfrucht dagegen mufs man nach der Ausbildungsweise der Fruchtwand mehrere Formen unterscheiden.

Bei der eigentlichen Beere (Bacca) wird das ganze Gewebe der Fruchtknotenwand saftig oder fleischig, und nur eine feste Oberhaut umkleidet als Schale die Frucht, so bei der Stachelbeere, der Tollkirsche, der Judenkirsche, bei der Einzelfrucht der Himbeere, bei der Beere des Flieders, der Weinrebe, bei dem Apfel, bei der Birne, bei der Banane, desgleichen bei der Gurke und der Cactusfrucht. Die Beere kann sowohl einsamig als vielsamig sein. Bei den Citrusfrüchten, welche man in diese Gruppe zählen mufs, wachsen vom inneren Rande jedes Fruchtfaches zahlreiche, aus vielen kleinen Zellen bestehende Fortsätze bis zum Mittelsäulchen (Fig. 252). Das Fruchtfleisch der reifen Citrone und Orange besteht deshalb nicht, wie bei anderen saftigen Früchten, aus einem zusammenhängenden Gewebe, vielmehr ist jedes Fruchtfach von zahlreichen, spindelförmigen, nicht mit einander verbundenen, aus vielen,

Fig. 252.

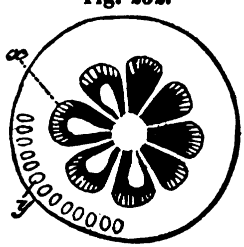


Fig. 252. Querschnitt durch die ganz junge Frucht von Citrus chinensis. *x* Die aus vielen Zellen zusammengesetzten, vom Rande des Fruchtfaches nach Innen wachsenden, ursprünglich cylindrischen Körper, welche später das saftige Fleisch der Citrusfrüchte bilden, *y* Oelbehälter unter der Fruchtschale. Vergröfserung 10mal.

safterfüllten Zellen bestehenden Theilen zusammengesetzt, welche aus diesen Fortsätzen entstanden sind. Durch die Scheidewände aber kann man nach Entfernung der Schale das Fruchtfleisch in so viele Theile zerlegen, als Fruchtfächer vorhanden waren. In der lederartigen Schale der Citrusfrüchte liegen zahllose, den Harzbehältern der Nadelhölzer entsprechende kugelige Oelbehälter.

Bei der Steinbeere (Drupa) wird nur ein bestimmter Theil der Fruchtknotenwandung, und zwar der äufsere Theil derselben, saftig oder fleischig, ihn umgiebt eine feste Oberhaut als Schale, wogegen der innere Theil der Fruchtwand verholzt (bei der Kirsche, der Pflaume, dem Pfirsich, der Mangofrucht, der Wallnufs und der Mandel. Auch die Steinbeere braucht nicht einsamig zu sein; die Kirsche, die Pflaume, der Pfirsich und die Mandel haben sogar in der Anlage immer mehrere (in der Regel 2) Samenknospen, deshalb findet man nicht selten bei der Mandel und bei der Kirsche 2 Samen in einem Kerne. Das saftige Fruchtfleisch der beerenartigen Früchte hat man Pulpa genannt.

Bei der Schliefsfrucht, Achenium, Careopsis, endlich wird die ganze Fruchtknotenwand entweder holzig oder trocken; so bei den Gräsern, den Cyperaceen, den Compositen, bei vielen Ranunculaceen und Rosaceen, z. B. bei der Einzelfrucht der Erdbeere; ferner bei der wahren Frucht der ächten und der falschen Cupuliferen, desgleichen bei den Betulineen und bei den Salicineen. Auch die Schliefsfrucht braucht nicht einsamig zu sein; nur bei den Gräsern, Cyperaceen, Compositen, Ranunculaceen und Rosaceen ist sie es schon in der Anlage immer, bei den anderen hier genannten Pflanzen sind dagegen zur Blüthezeit mehrere Samenknospen vorhanden (Quercus, Fagus, Betula).

Bei den Beerenfrüchten hat man für die Fruchtknotenwand drei Schichten, als äufsere Fruchthülle (Epicarpium), mittlere Fruchthülle (Mesocarpium) und innere Fruchthülle (Endocarpium) unterschieden. Aus dem Epicarpium wird bei der wahren Beere und bei der Steinbeere die äufsere Schale, die in der Regel nur aus wenigen Zellenreihen besteht, oder gar durch eine Korkschicht ersetzt wird (die grauen Flecken auf der Pflaume). Mesocarpium und Endocarpium sind aber bei der wahren Beere nicht wohl zu unterscheiden; bei der Steinbeere dagegen läfst sich diese Trennung rechtfertigen, indem die innerste, die holzige Schale bildende Schicht aus dem Endocarpium hervorgeht; bei der Schliefsfrucht endlich ist in manchen

Fällen eine Trennung in Endocarpium und Mesocarpium ebenfalls gerechtfertigt, das letztere wird z. B. bei Carpinus und bei Corylus, desgleichen bei Betula und bei Alnus, zur Ernährung des Samens verbraucht.

Während der Fruchtknoten vieler Pflanzen zur Blüthezeit mehrfächerig ist und mehrere Samenknospen besitzt, ist die reife Frucht, wie schon erwähnt, oftmals einfächerig und mit einem einzigen Samen versehen. In der Regel lassen sich aber sowohl die vertrockneten und durch den reifenden Samen zerdrückten Scheidewände, als auch die vertrockneten Samenknospen nachweisen, so bei der Eiche und Buche, deren Frucht selten mehr als einen Samen besitzt. Auch wenn mehrere Samenknospen befruchtet werden, scheint hier dennoch immer nur einer derselben zur Ausbildung zu gelangen, weil wahrscheinlich nur für einen Samen hinreichend Nahrung vorhanden ist. Manglesia cuneata mit 2 Samenknospen reift immer nur einen Samen, Hakea suaveolens dagegen, ihr durchaus ähnlich, bringt regelmäſsig beide Samenknospen zur Reife. Wo zur Erreichung eines Zieles Schwierigkeiten im Wege stehen, pflegt die Natur durch die Zahl der Wesen diesem Uebelstande abzuhelfen; auf eine Samenknospe der Pflanze kommen z. B. häufig 1000 und mehr Pollenkörner, wo nur ein Same zur Ausbildung kommt, sind häufig mehrere Samenknospen vorhanden. Es genügt, wenn von den 1000 Pollenkörnern Einer sein Ziel erreicht und wenn von mehreren Samenknospen nur Eine befruchtet und zum Samen wird. Auch Ardisia (Fig. 219. p. 316) reift nur einen Samen.

In dem Fruchtfleisch der saftigen Früchte, welche uns vielfach als Nahrung dienen, kommen nun sowohl die verschiedenen Kohlenhydrate, Stärkmehl, Gummi und Zucker, als auch organische Säuren, fette und ätherische Oele mannigfacher Art und in verschiedenem Verhältniſs der Stoffe zu einander vor. Der Zucker und die ätherischen Oele bilden sich meistens erst während des Reifens und zwar auf Kosten anderer von ihnen verschiedener Stoffe, die Pflanzensäuren verschwinden desgleichen mehr oder weniger beim Reifen der Früchte. Die organische Chemie findet hier ein reiches, aber leider bis jetzt noch wenig beackertes Gebiet. Das Mehligwerden gewisser Früchte durch das Reifen erfolgt, wie schon Treviranus gezeigt[1]), nicht durch eine Bildung von Stärkmehl, das bekanntlich bei den süſsen Früchten mit der Reife verschwindet und

[1]) Treviranus Pflanzenphysiologie. Bd. II. p. 492.

in Zucker verwandelt wird, sondern in einer leichten Trennbarkeit der Zellen. Die mehligen Früchte sind dazu saftarmer und bewirken deshalb auf der Zunge das Gefühl der Trockenheit; ebenso die gekochte mehlige Kartoffel. Beim Reifen der saftigen Früchte lösen sich überhaupt vielfach die Zellen aus ihrem Verband, ein süfser, von ihnen ausgeschwitzter Saft umgiebt alsdann dieselben, ebenso sind die Einzelblüthen der Feige, deren Theile bei der Reife saftig werden, von einem süfsen Saft umgeben, der oftmals aus der Oeffnung des Fruchtstandes (Fig. 235. p. 342) hervorquillt.

Der Same der Phanerogamen.

§. 83. Wie aus dem bestäubten Fruchtknoten die Frucht, so wird aus der befruchteten Samenknospe der Same. Um den Samen einer Pflanze richtig zu beurtheilen, mufs man deshalb die Samenknospe und ihre Entwickelungsgeschichte kennen.

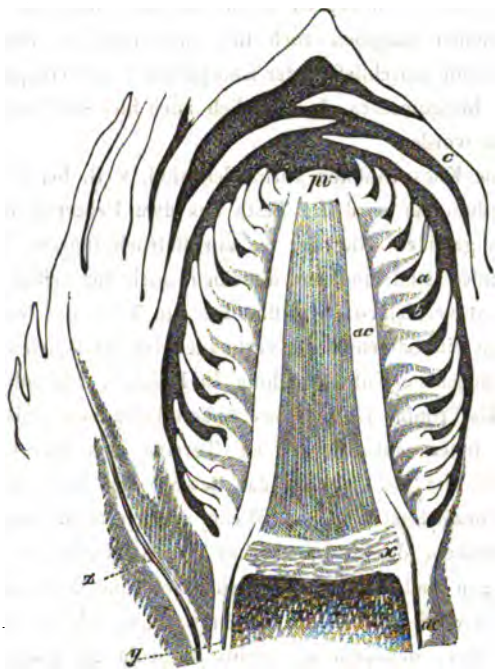
Bei allen Pflanzen, die einen Fruchtknoten besitzen, entwickelt sich der Same im Innern desselben; bei den Nadelhölzern und bei den Cycadeen, denen der Fruchtknoten als eine geschlossene Hülle fehlt, bildet sich dagegen der Same entweder auf einer offenen Samenschuppe, bei den Abietineen, oder frei und zwar in der Achsel eines Blattes, bei Podocarpus (Fig. 222. p. 324) und den Cupressineen (Fig. 246. p. 382), oder auf dem Ende eines Zweiges, bei Taxus (Fig. 221. p. 324). Der Zapfen der Nadelhölzer (Fig. 253) und der Cycadeen, desgleichen der mehrsamige Samenzweig von Podocarpus ist ein Samenstand.

Für den Samen hat man nun dreierlei zu beachten: 1. Die Samenschale (Tegmentum, Testa), welche aus den Knospenhüllen, wenn solche vorhanden waren, und aus dem Knospenkern, wenn derselbige nicht vom Embryosack gänzlich resorbirt wird, bestehen. 2. Auf das Sameneiweifs, welches als ächtes Sameneiweifs (Endosperm) ein Ueberrest des im Embryosack entstandenen Gewebes ist, oder als äufseres Sameneiweifs (Perisperm) aus dem Gewebe des Knospenkernes besteht und 3. auf den Keim, seine Beschaffenheit, Gestalt und Lage im Samen. Bei Canna vertritt das Gewebe des Knospengrundes (der Chalaza) die Stelle des äufseren Sameneiweifses.

Für die Samenschale kann man nur aus der Entwickelungsgeschichte erfahren, wie sie gebildet wurde; aus dem fertigen Samen ist es dagegen in der Regel unmöglich Rückschlüsse auf die Beschaffen-

heit derselben und die Zahl ihrer Integumente zur Zeit der Befruchtung zu machen, weil gerade hier sowohl durch Resorption, als auch

Fig. 253.



durch ungleiche Ausbildungsweise der Zellen in den verschiedenen Schichten wesentliche Veränderungen eintreten, wofür schon die Gruppe der Nadelhölzer hinreichende Beweise liefert.

Durch Resorption verschwindet z. B. bei den Orchideen sowohl der Knospenkern, als auch das innere Integument der Samenknospe vollständig, selbst von dem äufseren Integument bleibt nur die äufsere

Fig. 253. Längsschnitt durch eine Zapfenknospe (weibliche Knospe) der Tanne vom 6. November 1853. Der noch sehr junge Zapfen hat bereits in der Achsel der Deckschuppen (*a*) die Anlage der Samenschuppen (*b*) als kleine warzenförmige Erhebung gebildet. *c* die braun gefärbten Knospendeckschuppen, unter deren Schutz der junge Zapfen überwintert, *pv* der Vegetationspunkt (Vegetationskegel) des Zapfens, *x* das Gewebe, welches im Mark die Grenze zwischen dem Stengelglied des vorigen Jahres und der Zapfenanlage bildet, *ac* der Cambiumring, *y* das Gefäfsbündel in demselben, *z* ein Gefäfsbündel, welches zu den Knospenschuppen verläuft. (Vergröfserung 12 mal.)

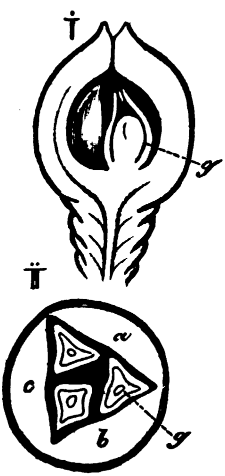
Zellenschicht zurück. Der reife Samen der Orchideen besteht deshalb aus einer trockenen, nur aus einer Zellenschicht zusammengesetzten Hülle, welche den Keim umgiebt. Bei den Rhinanthaceen, den Orobancheen und den Monotropeen verhält er sich ähnlich; eine oder einige Zellenreihen umgeben auch hier als Testa das Sameneiweifs, welches den Keim umschliefst; der Knospenkern und ein grofser Theil des einfachen Integumentes sind nämlich auch hier durch den Embryosack resorbirt worden.

Wo keine Knospenhüllen vorhanden sind, z. B. bei Hippuris und bei Myriophyllum, da wird die Testa aus dem Ueberrest des nackten Knospenkerns gebildet. Nur da, wo zur Befruchtungszeit 2 Knospenhüllen vorhanden sind und wo dieselben auch im reifen Samen als solche getrennt verbleiben, wo überdies ein Rest des Knospenkerns und aufserdem ein Sameneiweifs vorhanden ist, läfst sich deshalb die von Mirbel gegebene Unterscheidung in Primine, Secundine u. s. w. anwenden. Als Primine ist hier das äufsere Integument, als Secundine dagegen das innere Integument, als Tercine aber das Gewebe des Knospenkernes und als Quintine das Gewebe des Sameneiweifses im Embryosack bezeichnet worden. Wenn endlich noch eine besondere Schicht das Gewebe des Knospenkernes vom Sameneiweifs trennt, wie dies bei einigen Nadelhölzern geschieht, wo eine derbe structurlose, nicht aus Zellenstoff bestehende, Membran, die, wie ich glaube, als Secretionsproduct, demnach als wahre Cuticula zu deuten ist, das Sameneiweifs umgiebt, so stellt diese Hülle Mirbels Quartine dar. — Da aber jede Knospenhülle selbst zwei oder mehrere Gewebeschichten bilden kann (das äufsere Integument von Carica Papaya, das einfache Integument von Salisburia), so ist auf diese Unterscheidung der verschiedenen Schichten oder Häute des Samens physiologisch kein Gewicht zu legen.

Die Ausbildungsweise der Zellenreihen der Samenschale ist entweder unter sich nahebei gleich oder verschieden; so entsteht z. B. eine dünne trockene Samenschale (bei der Eiche, der Buche, der Wallnufs und der Haselnufs, desgleichen bei der Mandel, der Kirsche und der Pflaume), welche in den genannten Fällen den eiweifslosen Keim umgiebt; oder eine trockene, dicke und holzige Schale (bei der Kiefer, der Lerche und der Fichte), oder es verholzen einige Zellenreihen, während andere saftig werden; z. B. die äufserste Zellenreihe des äufseren Integumentes bei der Kartoffel, welche saftig wird, während

die übrigen verholzen. In der Frucht der Opuntia bilden die äufseren saftig gewordenen Schichten der Samenschale der zahllosen Samen den geniefsbaren säuerlich süfsen Theil der Frucht, ebenso bei Passiflora und bei Punica granatum. Die Fruchtschale ist bei den genannten Früchten ungeniefsbar, bei Passiflora und Punica sogar holzig. Auch bei der Stachelbeere wird der äufsere Theil der Samenschale saftig. Bei Taxus und namentlich bei Salisburia und Cycas bilden sich wieder mehrere Zellenreihen unter einer Oberhaut als saftiges Gewebe aus, während der innere Theil der einfachen Knospenhülle verholzt; die Samen der Salisburia können deshalb sehr leicht für wahre Beeren gehalten werden, zumal da eine lederartige Hülle, der Ueberrest des Knospenkerns, das Sameneiweifs bekleidet. — In bestimmten Schichten kommen aufserdem bei vielen Pflanzen noch zierliche oder eigenthümliche Verdickungsweisen der Zellenwand vor, so bei den Schleim gebenden Samen[1]); oder in anderer Weise bei den Euphorbiaceen und bei den Proteaceen, desgleichen bei Carica Papaya, wo das äufsere Integument schon zur Blüthezeit in zwei Schichten zerfällt, deren ausgeschweifte festonartigeRänder in einander greifen; die äufsere Schicht bleibt zartwandig, die innere Schicht dagegen wird zu einem dickwandigen, äufserst zierlichen, schwammförmigen (?) Gewebe, dessen Zellen immer kleiner werden, und zuletzt über dem inneren Integument mit einer Reihe gröfserer Zellen, welche schön ausgebildete Krystalle einschliefsen, endigen. Die Krystalle sind hier schon zur Blüthezeit vorhanden. Auch die Samenschale von Manglesia und Hakea besitzt eine Reihe mit grofsen Krystallen erfüllter Zellen.

Fig. 254.



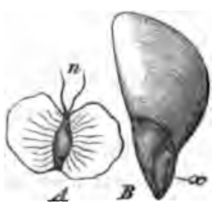
Für die nackte Samenknospe der Coniferen

Fig. 254. Juniperus communis. I Längsschnitt durch die Scheinbeere im zweiten Frühling. *g* Eine der 3 aufrechten Samenknospen. II Querschnitt. *a, b, c* die 3 ungetrennten Blätter, welche die Scheinbeere bilden und gleich einem Fruchtknoten die Samen umschliefsen, *g* eine der 3 Samenknospen, welche nicht in der Achsel der 3 Blätter stehen, sondern mit ihnen abwechseln. (Vergröfserung 5 mal.)

1) Cramer, Bau und Entwickelungsweise des Leinsamens. Nägeli und Cramer's Untersuchungen Heft 3. — Hofmeister, über die Gallerte aus aufquel-

und Cycadeen ist aufserdem noch zu bemerken, dafs, wenn ein Samenmantel oder Arillus vorhanden ist und dieser fleischig wird, wie bei Taxus (Fig. 225. p. 324), oder wenn Blüthenhüllblätter zugegen sind und selbige fleischig werden, wie bei Ephedra, eine Scheinbeere entsteht, wohin auch die Beere des Wachholders (Fig. 254) zu rechnen ist, welche aus den 3 letzten Blättern des Samenstandes, welche sich an ihrem Grunde ungetheilt erheben und später fleischig werden, gebildet wird. Die Wachholderbeere hat in der Regel 3 Samen, während die Scheinbeeren von Taxus und Ephedra nur einen Samen umschliefsen. Bei Podocarpus schwillt dagegen der obere Theil des Zweiges, der die Samen trägt, an und wird fleischig (Fig. 222. p. 324), was an den Samen von Anacardium erinnert, wo der Knospenträger oder Funiculus sich in ähnlicher Weise ausbildet. Der Flügel der mit der Samenschuppe verbundenen Samenknospen der Abietineen endlich entsteht durch Trennung einer besonderen Gewebeschicht an der Samenschuppe, welche der Anlage nach schon zur Blüthezeit vorhanden ist (Fig. 255 *B*).

Fig. 255.



Die Flügel des Samens von Thuja bilden sich dagegen als seitliche Ausbreitungen des einfachen Integumentes der freistehenden Samenknospe, sie entsprechen den Flügeln am Samen der Hakea suaveolens und den oftmals zierlich ausgeranderten Flügeln der Bignoniaceen-Samen.

Dem Samen der Loranthaceen und der Santalaceen fehlt streng genommen jede Samenschale. Die weifse faserige Hülle, welche, wenn die Mistelbeere zerdrückt wird, den Samen umgiebt, bildet sich nämlich aus den Zellen und Gefäfsen der Markscheide des Stammtheiles, aus welchem die Beere hervorgeht. Der Same selbst besteht nur aus dem Sameneiweifs, das einen oder zwei, selten drei Keime umschliefst. Jeder Embryosack enthält nur einen Keim, allein es vereinigen sich später zwei, selten drei, befruchtete Embryosäcke durch vollständige Verwachsung zu einem Samen (p. 384). Bei Thesium, wo das Sameneiweifs schon

Fig. 255. *A* Die geflügelte Frucht der Birke (Betula alba), *n* die beiden Narben. *B* Der geflügelte Same der Tanne (Abies pectinata), *x* ein Haargang im einfachen Integument.

---

enden Zellen der Aufsenfläche von Samen und Pericarpien. Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissenschaft 1858.

bald nach der Befruchtung das Gewebe des Knospenkerns durchbricht und frei in die Fruchtknotenhöhle tritt (p. 316), besteht der reife Same gleichfalls aus einem Keim, den nur das Sameneiweifs umgiebt; hier fehlt die Samenschale gänzlich.

Bei einigen Pflanzen bildet die äufsere Zellenschicht der Samenschale haarartige Verlängerungen, welche entweder im ganzen Umkreis des Samens hervortreten, oder nur an bestimmten Orten erscheinen. Die Baumwollenzelle ist eine solche Haarbildung der Samenschale von Gossypium. Nicht alle Zellen der Oberhaut werden hier zu langen einzelligen Haaren, die Mehrzahl bleibt verkürzt. Unter der haarbildenden Oberhaut liegen 2 oder 3 Schichten tafelförmiger Zellen und unter diesen eine eigenthümlich gebaute Pallisadenschicht u. s. w. — Während bei der Baumwollenstaude die ganze Oberfläche des Samens Haare bildet, besitzen die Samen der Epilobium-Arten nur am Chalazaende einen Haarschopf. Bei den Asclepiadeen und einigen Musaceen dagegen erfolgt eine ähnliche Haarbildung im Umkreis des Knospenmundes. (Der schwarze glänzende Same der Strelitzia Augusta ist in der oberen Hälfte von einem dichten Wulst hochrother Haare umgeben.) Bei Evonymus bildet sich vom Knospenmunde aus nach abwärts ein Mantel, welcher den reifen Samen überzieht u. s. w.

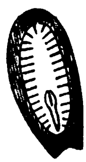
Das Sameneiweifs (Endosperm) ist ein Gewebe, welches sich im Innern des Embryosackes bildet. Wenn seine ersten Mutterzellen durch freie Zellenbildung entstehen, so erscheinen dieselben zuerst im Umkreis des Embryosackes, ihre Bildung erfolgt alsdann innerhalb der dort verbreiteten Protoplasmazone. Wenn dagegen die ersten Mutterzellen des Sameneiweifses durch Theilung entstehen, so bildet sich, von beiden Endpunkten beginnend, durch die ganze Länge des Embryosackes zuerst eine Zellenreihe, deren Zellen dann sämmtlich oder theilweise zu Mutterzellen werden, indem an beiden Enden häufig zellenleere Räume bleiben (Fig. 248. p. 384). Während sich nun die Keimanlage zum Embryo heranbildet, entwickelt sich auch das Sameneiweifs durch fortdauernde Zellenbildung mehr und mehr, es wird zum dichten Gewebe, welches wieder in der nächsten Umgebung der Keimanlage durch den Einflufs derselben allmälig resorbirt wird. Da das Sameneiweifs nur in wenigen Fällen (bei den Orchideen, den Canneen und bei Tropaeolum) im halbreifen Samen fehlt, so darf man voraussetzen, dafs selbiges zur Ernährung der Keimanlage sehr wesentlich ist und wahrscheinlich in seinen Zellen erst die Stoffe verarbeitet, so dafs die

Keimanlage dieselben weniger roh empfängt, als wenn der Inhalt des Embryosackes unmittelbar vom Keime aufgenommen würde, wie dies in den wenigen eben genannten Fällen stattfindet. Das Sameneiweifs wird nun entweder von der Keimanlage ganz verzehrt, so dafs der reife Same eiweifslos erscheint (bei den ächten und bei den unächten Cupuliferen, ferner bei den Betulineen, Fraxineen, Ulmaceen, Cruciferen, Rosaceen u. s. w.), oder es bleibt ein Rest desselben zurück, dann ist der reife Samen eiweifshaltig. Das zurückgebliebene Sameneiweifs dient alsdann der jungen Pflanze beim Keimen zur ersten Nahrung (bei den Coniferen, den Cycadeen, den Euphorbiaceen, den Loranthaceen, den sämmtlichen Personaten, den Monotropeen, den Gramineen u. s. w.). Wenn endlich das Gewebe des Knospenkerns noch als solches theilweise erhalten bleibt und mit einem ernährenden Inhalt erfüllt ist, so wird es äufseres Sameneiweifs (Perisperm) genannt; dieser seltene Fall findet sich bei den Canneen (p. 418), wo das Endosperm mangelt, und bei den Nymphaeaceen, wo ein doppeltes Sameneiweifs (Endosperm und Perisperm) vorhanden ist.

Das Gewebe des Sameneiweifses und sein Inhalt sind nach der Pflanze sehr verschieden. — In der Regel sind die Zellen zartwandig, so bei den Gramineen u. s. w.; nicht selten sind sie aber auch sehr dickwandig, z. B. bei vielen Palmen, Coffea und vielen Leguminosen; in noch anderen Fällen ist die äufsere Schicht des Sameneiweifses dickwandig, während die übrigen Zellen nur eine zarte Hülle haben, so bei den Orobancheen, bei Viscum u. s. w.; niemals aber sind die Wände, selbst der dickwandigsten Endospermzellen, verholzt. Die dickwandigen Endospermzellen der Palmen und der Leguminosen (das sogenannte hornartige Albumen) werden bei der Keimung des Samens von der Keimpflanze sammt ihrem Inhalt verzehrt, während bei den zartwandigen Zellen anderer Pflanzen, z. B. bei den Gramineen nur der Zelleninhalt verschwindet, die entleerte Zelle aber vertrocknet und zusammenfällt. Da jedoch die chemische Beschaffenheit der Zellenwand des Sameneiweifses, auch beim dünnwandigen Endosperm, sehr verschieden sein kann, so darf man hier aus dem einzelnen Falle noch keine allgemeinen Schlüsse ziehen, indem sicher von der chemischen Zusammensetzung der Wand auch das Verhalten desselben bei der Keimung des Samens abhängig ist. Bei den Myrsineen (Ardisia excelsa) wird die Wand der Endospermzellen schon durch Jodlösung blau gefärbt, sie besteht demnach aus einem dem Stärkmehl verwandten

Stoff (Amyloid nach Schleiden); in der Regel wird sie dagegen aus einem Zellenstoff gebildet, der erst durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung annimmt. Das hornartige Sameneiweifs soll gleich dem Collenchium Pectin enthalten. — Bei Anona und einigen Palmen bildet das Gewebe des Knospenkerns tief in das Sameneiweifs vordringende Auswüchse (Fig. 256) (Albumen ruminatum).

Fig. 256.



Der Inhalt der Zellen des Sameneiweifses besteht nun entweder aus Stärkmehlkörnern, oder aus fettem Oel, welche auch beide mit einander vorkommen (bei den Nadelhölzern), oder aus verschiedenen körnigen, chemisch nicht scharf zu charakterisirenden Stoffen, welche als Legumin (wahrscheinlich Klebermehl) u. s. w. aufgeführt werden. Diese körnigen, oftmals gelb gefärbten Stoffe enthalten in der Regel, so bei den Personaten, fette Oele emulsionsartig gebunden, welche durch Zusatz von Schwefelsäure in Tropfenform frei werden. Sogar Krystalle kommen hier und da im Sameneiweifs vor. Der gröfste Stickstoffgehalt des letzteren ist in der Regel auf die Randzellen, die, wie wir gesehen haben, auch häufig einen anderen Bau besitzen, verwiesen, so bei den Gramineen, wo die Randzellen mit körnigen, stickstoffreichen Substanzen erfüllt sind, während das Innere zunächst Stärkmehl enthält. Gerade deshalb besitzt die Kleie, welche bei dem norddeutschen Schwarzbrod und bei dem Pumpernickel mit in das Brot gebacken wird, die gröfste Menge der Proteinverbindungen, während in den Zellen, welche das Mehl enthalten, nur sehr wenig stickstoffhaltige Substanz vorhanden ist.

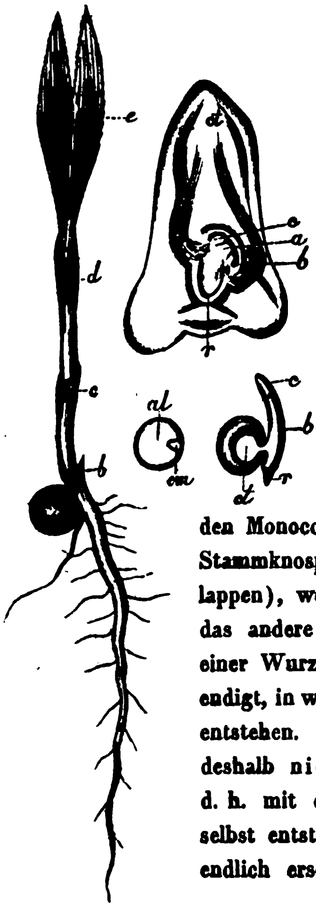
Die Beschaffenheit des Sameneiweifses und seines Inhaltes ist bei sich nahe stehenden Pflanzen oftmals wesentlich verschieden; man würde sich deshalb sehr irren, wenn man auf diese Verschiedenheiten zur Unterscheidung der Familie Bedeutung legen wollte. Die Gegenwart und der Mangel des Sameneiweifses sind dagegen für Familien und Gruppen sehr constant und hat man deshalb mit Recht auf selbige in der systematischen Botanik Rücksicht genommen und eiweifslose und eiweifshaltige Samen unterschieden. Bei den letzteren liegt der Keim im Sameneiweifs eingebettet, bei den anderen umhüllt ihn direct eine Schicht der Samenschale, die nach der Pflanzenart verschiedenen Ursprunges sein kann.

Fig. 256. Der reife Same von Anona squamosa im Längsschnitt.

Der Keim der Phanerogamen.

§. 84. Der Keim oder Embryo des reifen Samens ist aus der unteren Tochterzelle der befruchteten Protoplasmakugel des Keimkörperchens entstanden (p. 395). Ihn ernährte das Sameneiweifs, oder wo ein solches fehlte (Orchideae, Canneae und Tropaeolum), der Inhalt des in diesem Falle als einfache Zelle verbleibenden Embryosackes. Vollkommen ausgebildet liegt der Keim entweder frei, nur von der Samenschale umhüllt, bei den eiweifslosen Samen, oder in ein Endosperm gebettet, bei den eiweifshaltigen Samen.

Fig. 257.



In der unvollkommensten Art zeigt sich der Keim des reifen Samens als eine aus verhältnifsmäfsig wenigen Zellen bestehende Kugel (bei den Orchideen, den Monotropeen, den Pyrolaceen, den Orobancheen, den Rafflesiaceen, den Balanophoreen und Hydnora); schon mehr entwickelt erscheint derselbe bei den Monocotyledonen im Allgemeinen, wo er eine Stammknospe (Plumula), und ein Blatt (einen Samenlappen), welches dieselbe umfafst, besitzt, und wo das andere Ende der Keimachse nicht direct mit einer Wurzelanlage, sondern mit einem Gewebe endigt, in welchem eine oder mehrere Wurzelanlagen entstehen. Der Same der Monocotyledonen keimt deshalb niemals mit einer wahren Pfahlwurzel, d. h. mit einer aus dem Wurzelende des Keimes selbst entstandenen Wurzel. Bei den Dicotyledonen endlich erscheint der Keim in der am höchsten

Fig. 257. Der kugelige Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergröfsert), der Cotyledon ist schon mit Cambiumbündeln versehen; endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat. *a* Der Vegetationspunkt der Stammknospe, *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt, *al* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen, *em* der Keim.

entwickelten Weise, und zwar so, dafs seine Keimachse nach dem einen Ende zur Stammknospe (Plumula), nach dem anderen Ende aber zur Wurzelknospe (Radicula) wird, welche beim Keimen unmittelbar in eine ächte Pfahlwurzel auswächst. Zwei oder mehrere (bei den Abietineen) Keimblätter umgeben überdies die Stammknospe; dagegen kann die Gröfse und Gestalt derselben, desgleichen die Länge der Keimachse selbst sehr verschieden sein, wie sich überhaupt die Gestalten der verschiedenen Keime schwierig unter bestimmte Gesichtspunkte zusammenfassen lassen. Auch hier giebt es überdies mancherlei Ausnahmen von der Regel, so besitzt Cyclamen, zu den Primulaceen gehörig (Fig. 127. p. 91), nur einen Samenlappen, der sich überdies in keinerlei Weise von den nachher entstehenden Blättern unterscheidet und Trapa, zu den Onagrarieen gerechnet, ist ebenfalls nur mit einem Keimblatte versehen. Der Keim der Monocotyledonen zeigt sich überdies noch dadurch weniger entwickelt, dafs in seiner meistens sehr verkürzten Achse der Cylinderring cambiumartiger Zellen, welcher im Stamm und in der Wurzel das Mark von der Rinde scheidet, in welchem auch die ersten Gefäfsbündel entstehen und durch den sie sich weiter fortbilden, mangelt, (Fig. 257), während derselbe in der Keimachse der Dicotyledonen bereits vorhanden ist (Fig. 258). Dieser Cambiumring entsteht nämlich bei

Fig. 258.

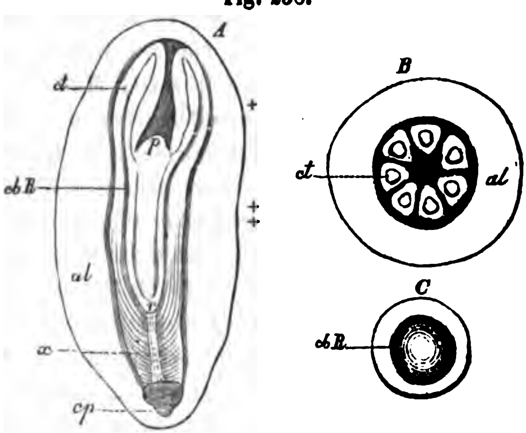


Fig. 258. Der Kern des reifen Samens der Kiefer. *A* Längsschnitt durch die Mitte desselben, *al* das Sameneiweifs, *cbR* der Verdickungsring, *ct* Samenlappen, schon mit einem Cambiumbündel versehen, *cp* Ueberrest der Corpuscula, *r* Vegetationspunkt der Wurzelanlage, *p* Vegetationspunkt der Stammknospe.

der Bildung der Keimanlage durch Differencirung der Zellen, wie es scheint, von den beiden sich gegenüber liegenden Vegetationspunkten der Stammknospe (Plumula) und der Wurzelknospe (Radicula) aus, sein Entstehen fällt deshalb mit der Bildung der Samenlappen an dem einen Ende und mit dem Auftreten der Wurzelhaube an dem anderen Ende zusammen. Da nun aber bei dem Keime der Monocotyledonen der Wurzeltheil sich nicht als Wurzelknospe ausbildet, so fehlt zum wenigsten nach dieser Seite hin die Differencirung in Mark und Rinde und die Cambiumzellen bleiben als ein centrales Lager unter der Stammknospe liegen. Aus dieser Partie aber, welche ich **Keimlager** genannt habe, gehen die Nebenwurzeln hervor, deren der monocotyledone Keim bisweilen mehrere besitzt (Triticum Fig. 85. p. 6) und die beim Keimen das Gewebe des Wurzelendes durchbrechen. Die dicotyledone Pflanze keimt dagegen immer mit einer Pfahlwurzel, welche die unmittelbare Verlängerung der Radicula ist. Dieses Keimlager bleibt auch später den monocotyledonen Gewächsen am Grunde des Stammes eigen; aus demselben entsenden die Palmen noch späterhin neue Nebenwurzeln, es entspricht in diesem Falle dem Gewebe im Stengelknoten der Gräser u. s. w., aus dem gleichfalls unter Umständen Wurzeln hervorbrechen. Der Cambiumring bildet sich hier erst mit der Anlage zur Nebenwurzel, auch bei der Stammknospe zeigt er sich erst, wenn solche sich erhebt, um einen Stamm zu bilden.

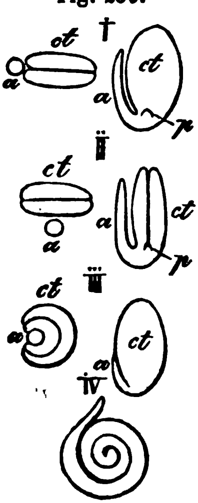
Das Wurzelende des Keimes ist, mit den wenigen Ausnahmen einer constanten Polyembryonie, bei Citrus und Mangifera (p. 395), unter **allen** Umständen und bei **allen** Pflanzen dem Ort der Samenknospe zugewendet, wo zur Zeit der Befruchtung die Keimkörperchen am Embryosack befestigt waren; es liegt deshalb bei einem kurzen Embryoträger unmittelbar unter dem Knospenmund, oder bei einem nackten Knospenkern unter der Spitze desselben. Beim Keimen des Samens tritt deshalb immer an dieser Stelle die Wurzel hervor, und hierauf beziehen sich auch die in der Systematik gebräuchlichen Bezeichnungen für die Lage des Keimes im reifen Samen, welche durch die Gestalt der Samenknospe selbst bedingt werden. Bei einer **geradläufigen** Samenknospe (Fig. 242. p. 379) liegt nämlich das Wurzelende des Keimes (die Radicula) dem Befestigungspunkt der Samen-

B Querschnitt durch den Kern in der Höhe von +, *al* und *ct* wie oben. *C* Querschnitt durch den Keim in der Höhe von ‡, *cbR* der Verdickungsring. (30mal vergrößert.)

knospe gegenüber, hier wird der Keim deshalb gegenläufig (Embryo antitropus, auch Embryo cum radicula supera) genannt; bei den gegenläufigen Samenknospen (Fig. 240. p. 378) liegt dagegen das Wurzelende des Keimes, gleich dem Knospenmund der Samenknospe, neben dem Anheftungspunkt derselben, hier spricht man von einem Embryo orthotropus oder von einem Embryo cum radicula hilum spectante. Bei einer gekrümmten Samenknospe (Fig. 244. p. 380) ist natürlich auch der Keim gekrümmt, hier sagt man Embryo amphitropus oder curvatus, uncinatus u. s. w. Bei einer halbgegenläufigen Samenknospe (Fig. 245. II. p. 381) liegt der Embryo bisweilen mehr oder weniger wagerecht gegen den Anheftungspunkt derselben, dann spricht man von einer unbestimmten Lage (Embryo vagus oder heterotropus).

Wichtiger als diese Lagenverhältnisse des Keimes im Samen, um welche man sich nicht zu bekümmern braucht, sobald man den Bau der Samenknospe einer gegebenen Pflanze zur Zeit der Befruchtung kennt, weil sie sich alsdann ganz von selbst verstehen, sind dagegen die vom Bau der Samenknospe unabhängigen Ausbildungsverhältnisse des Keimes, durch welche z. B. die Unterabtheilungen der Cruciferen (Fig. 259), unterschieden werden. Aus den von der Samenknospe selbst abhängigen Lagenverhältnissen des Keimes kann man dagegen rückwärts auf die Richtungsverhältnisse der Samenknospe zur Blüthezeit, falls man selbige nicht kennen sollte, schliefsen.

Fig. 259.

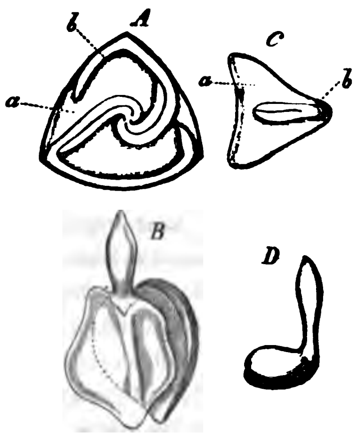


In der Regel erscheint der Keim bei eiweifshaltigem Samen in der Achse des Sameneiweifses; bei den Gramineen dagegen liegt er seitlich und wird wegen seiner schildförmigen Gestalt wohl Scutellum genannt; bei Avicennia brechen seine Samenlappen gar aus dem Endo-

Fig. 259. Die Lage des Keimes im Samen der Cruciferen, schematisch dargestellt, und zwar so, wie dieselbe von der Seite gesehen und im Querschnitt erscheint. *a* Die Achse des Embryo, *ct* Samenlappen, *p* die Plumula. I Pleurorhizeae (Cheiranthus, Nasturtium, Arabis, Cardamine, Alyssum, Draba, Cochlearia, Tlaspi, Iberis). II Notorhizeae (Hesperis, Sisymbrium, Erysimum, Camelina, Capsella, Lepidium, Isatis). III Orthoplozeae (Sinapis, Brassica, Diplotaxis, Crambe, Raphanus). IV Spirolobeae (Bunias).

sperm hervor. Bei geradem Knospenkern ist auch der Keim in der Regel gerade, bisweilen aber krümmt er sich dessen ungeachtet, so bei Cuscuta, wo er, ohne eigentliche Keimblätter zu besitzen, gleich einer Uhrfeder aufgerollt erscheint. In der Regel liegen die Samenlappen flach nebeneinander, nicht selten sind sie aber auch gefaltet, im eiweifshaltigen Samen des Buchweizens (Polygonum Fagopyrum, Fig. 260 *A*), oder zusammengeknittert, im eiweifslosen Samen der Buche und des Baobab. Innerhalb derselben Gattung können wesentliche Verschiedenheiten in dieser, von dem Bau der Samenknospe unabhängigen, Lage des Keimes auftreten (als Beispiele Polygonum Fagopyrum und P. Convolvulus, Fig. 260 *A* u. *B*).

Fig. 260.



Selbst der anatomische Bau des Keimes ist nach den Pflanzen verschieden. Bei denjenigen Gewächsen, deren Keim unter der Stammknospe (Plumula) ein Blatt oder mehrere Blätter (Samenlappen) besitzt, enthält die Keimachse auch jederzeit Cambiumbündel, welche von ihr in die Samenlappen hinübertreten (Fig. 257. p. 426 und Fig. 258. p. 427). Diese Cambiumbündel, welche beim Keimen als die ersten Gefäfsbündel der jungen Pflanze auftreten, besitzen bei einigen Gewächsen schon vor der Keimung entwickelte Gefäfszellen (Spiralgefäfse), welche zuerst da erscheinen, wo das Cambiumbündel, die Keimachse verlassend, in den Samenlappen hinübergeht (bei Quercus, Castanea, Juglans, Viscum). — Auch die Oberhaut des Keimes und namentlich seiner Samenlappen ist nach den Functionen, welche dieselben später beim Keimen übernehmen sollen, verschieden. Bleiben die Samenlappen nämlich innerhalb der Erde, so ist ihre Oberhaut, wenn ein Sameneiweifs vorhanden ist, so gebaut, dafs sie dasselbe

Fig. 260. *A* Querschnitt durch den Samen des Buchweizens (Polygonum Fagopyrum), *a* das Sameneiweifs, *b* der Keim. *B* Der Keim des Buchweizens, aus dem Samen heraus gehoben. *C* Der Same von Polygonum Convolvulus, quer durchschnitten, *a* das Sameneiweifs, *b* der Keim. *D* Der Keim dieser Pflanze, frei gelegt. (8 mal vergröfsert.)

durch Diffusion zu verzehren geschickt sind. In dem Maſse, als nun dieses Sameneiweiſs verzehrt wird, vergröſsert sich dabei der dasselbe verzehrende Samenlappen, wie dies bei den Palmen, den Gräsern, bei der Mistel u. s. w. der Fall ist; solche Samenlappen sind schon durch ihren Bau nicht geeignet an der Luft zu leben (p. 93). Treten die Samenlappen dagegen beim Keimen als grüne Blätter über die Erde, so ist ihre Oberhaut den Laubblättern ähnlich gebaut, und in der Regel, wenigstens an der einen Seite, mit Spaltöffnungen versehen (der Samenlappen von Beta besitzt gleich den Laubblättern dieser Pflanze an beiden Seiten Spaltöffnungen). Wenn nun kein Sameneiweiſs vorhanden ist, so trägt die untere Seite der Samenlappen, gleich dem Laubblatte der Pflanze, diese Spaltöffnungen, z. B. bei der Buche, der Erle, der Birke und der Hainbuche; wenn dagegen die keimende Pflanze anfänglich durch das Sameneiweiſs wächst, so hat die äuſsere das Sameneiweiſs berührende Oberfläche der Samenlappen eine resorbirende Oberhaut ohne Spaltöffnungen, während die innere oder obere Fläche mit Spaltöffnungen versehen ist, um späterhin für Luftnahrung sorgen zu können (bei den Nadelhölzern). — Im Gegensatz gegen die Abietineen, welche mit 4 bis 11 Samenlappen keimen, besitzen die Taxineen, die Cupressineen und die Gnetaceen, desgleichen Araucaria, nur 2 Samenlappen, die Cycadeen endlich haben 2 Samenlappen, die an ihrer Spitze mit einander verwachsen sind (p. 94).

Wie der Zelleninhalt des Sameneiweiſses nach den Pflanzen sehr verschieden ist, so sind auch die Erzeugnisse des Nahrungsgewebes im Keime nicht bei allen Pflanzen dieselben. Es erscheinen hier wieder dieselben chemischen Stoffe, Stärkmehl, fettes Oel, Zucker, Gummiarten, stickstoffhaltige Verbindungen u. s. w., welche wir dort gefunden haben, zu ihnen gesellt sich aber bisweilen noch ein anderer Stoff, welcher im Sameneiweiſs nicht vorkommt, nämlich das Blattgrün (bei Tropaeolum, Pistacia), das bei einigen Pflanzen den Keim mehr oder weniger grün färbt, und damit den Beweis liefert, daſs seine Bildung nicht nothwendig an eine unmittelbare Einwirkung des Lichtes gebunden ist. In der Regel sind die Producte der Parenchymzellen des Keimes von den Producten der Endospermzellen verschieden, so beim Buchweizen, wo der Embryo kein Stärkmehl enthält, während das Sameneiweiſs reich an selbigem ist. Beim Keimen des Samens werden nun diese chemischen Stoffe im Keime selbst mehr oder weniger verändert, sie liefern das erste Material zur Bildung neuer Zellen und somit auch

zur Bildung neuer Organe, das Sameneiweifs giebt darauf, wenn ein solches vorhanden ist, Ersatz und neue Zufuhr ähnlicher Stoffe, bis die junge Keimpflanze Wurzeln und Blätter hat und sich aus dem Boden und aus der Atmosphäre die ihr angemessene Nahrung selbst beschaffen kann.

Die Bedingungen zum Leben im Allgemeinen sind freilich bei allen Pflanzen dieselben. Alle Pflanzen brauchen Nahrung, die ihnen allein auf dem Wege der Diffusion gegeben wird; aber die Nahrungsmittel selbst und die Weise, in welcher dieselben von der Pflanze verwerthet werden, sind nach der Organisation der Gewächse sehr verschieden, was schon bei der Entstehung des Keimes und bei der Bildung der jungen Pflanze aus diesem Keime sehr deutlich hervortritt. So haben die Samenlappen des Keimes von Gossypium religiosum schon jene kugelförmigen, mit einem harzartigen dunklen Stoff erfüllten, Behälter, welche die Blätter und Rindentheile dieser Pflanze auszeichnen. Nach der Organisation und nach der chemischen Zusammensetzung richtet sich aber das ganze Leben der Pflanzen; die genaueste Kenntnifs beider ist deshalb zum Verständnifs ihrer Lebenserscheinungen unerläfslich. — Wenn man zweckmäfsig dasjenige nennt, welches die Bedingungen seines Fortbestehens in sich selber trägt, so ist jede Pflanze gewifs zweckmäfsig gebaut; es ist aber damit keineswegs gesagt, dafs sie bei einer anderen Organisation und bei einer anderen chemischen Zusammensetzung nicht ebenso gut existiren könnte; sie würde alsdann aber nicht d a s j e n i g e Wesen sein, was sie j e t z t ist, und somit mufs Alles in der Natur zweckmäfsig sein, weil es nothwendig ist, denn wenn es anders organisirt wäre, so könnte zum wenigsten es als Solches nicht bestehen.

Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Blüthe und Frucht der Coniferen und Amentaceen[1].

§. 85. Der Zapfen der Abietineen ist ein ährenförmiger Blüthenstand und die männliche Blüthe kann ebenfalls als solcher gedeutet werden, richtiger dagegen erscheint es mir, sie als Einzelblüthe aufzufassen, weil, wenn man einen Blüthenstand annimmt, jedes Staubblatt als Einzelblüthe betrachtet werden mufs, eine Blüthe aber nach der

[1]) Als Beispiele für die Entwickelungsgeschichte der Blüthe und Frucht.

allgemeinen Anschauungsweise immer aus einer Achse und aus Blattorganen zusammengesetzt ist und nicht aus einem einzelnen Blatte bestehen kann; die Staubblätter der Abietineen und Araucarien sind aber ächte Blattorgane, was die Uebergänge bei monströsen Blüthen der Araucaria beweisen. — Bei Abies und Larix wachsen die Deckblätter der Samenschuppen des Zapfens mit den letzteren weiter und überragen sie später ein wenig; bei Picea und Pinus bleiben dieselben, sobald die Samenschuppe in ihrer Achsel entstanden ist, im Wachsthum zurück, sie sind deshalb am reifen Zapfen kaum noch als kleine Schuppen an der Basis der Samenschuppe bemerkbar. Bei Abies fallen sowohl die Deckblätter als auch die Samenschuppen des reifen Zapfens von der Spindel, die als nackter Dorn am Zweige zurückbleibt. Bei den übrigen Abietineen weichen dagegen beim Trockenwerden des Zapfens die Samenschuppen von einander und der Wind entführt die geflügelten Samen, während der trockene leere Zapfen noch Jahre lang am Baume verbleibt.

Bei den Abietineen trägt jede Samenschuppe zwei geflügelte Samen, welche sich zur Zeit der Reife von der ersteren trennen; bei Araucaria dagegen entwickelt die Samenschuppe nur einen Samen, der mit ihr verbunden bleibt.

Während bei Abies, Picea und Larix der Zapfen schon im Herbst als solcher angelegt wird (Fig. 253. p. 419) und sich im kommenden Frühjahr weiter entwickelt, darauf bestäubt wird und noch in demselben Jahre seinen Samen reift, wird bei Pinus der Zapfen erst im Frühjahr angelegt. Im Herbst des vorhergehenden Jahres ist die Zapfenknospe der Kiefer und die eigentliche Zweigknospe von derjenigen Knospe, welche die Doppelnadel bilden soll, nicht wohl zu unterscheiden. Die Knospe der Doppelnadel kommt darauf im Frühjahr zur vollen Entfaltung; die Knospe des Zapfens und des neuen Zweiges aber legen um dieselbe Zeit alle ihre Theile an, entwickeln sich aber dann nicht weiter, sie ruhen vielmehr bis zum kommenden Frühjahr, wo sie sich endlich vollständig entfalten. Der junge Zapfen der Kiefer wird deshalb in dem einen Frühjahr bestäubt, der Pollen treibt Schläuche, aber diese Pollenschläuche gelangen nicht bis zum Embryosack, sie bleiben ruhend im Gewebe des Knospenkerns der Samenknospe liegen und die Befruchtung erfolgt erst im anderen Frühjahr, worauf im Herbst der Same reift. Die Gattung Pinus hat deshalb eine zweijährige Samenreife, während Abies, Picea und Larix in einer

Wachsthumsperiode ihren Zapfen ausbilden. Pinus Pinea hat 3jährige Samenreife.

Die männliche Blüthe der Abietineen besteht aus einer Achse, welche zahlreiche zweifächerige Staubblätter, spiralig angeordnet, trägt (Fig. 236. p. 345). Bei Abies und bei Larix öffnet sich das Staubfach jeder Seite mit einer schiefverlaufenden Längsspalte; bei Picea und bei Pinus springt dasselbe dagegen mit einer senkrechten Längsspalte auf. Die Antherenwand der Abietineen besteht aus zwei Zellenreihen. Der Blüthenstaub ist bei Abies, Picea und Pinus mit zwei seitlichen Auswüchsen versehen (Fig. 238. p. 368), bei Larix dagegen kugelig oder eiförmig (Taf. X. Fig. 1). Im Innern des Pollenkorns aller Abietineen bildet sich ein aus mehreren Zellen bestehender Körper, dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird; ebenso bei Salisburia und Podocarpus.

Die Samenknospe der Abietineen ist gegenläufig und mit einem einfachen Integument versehen, ihr Knospenmund liegt abwärts gerichtet. Die Corpuscula des Sameneiweifses sind von einer besonderen Schicht kleiner Zellen epitheliumartig umkleidet. — Die Knospen der Abietineen überwintern unter dem Schutz von Deckschuppen; nur bei der Gattung Pinus überwintert der einjährige Zapfen frei.

Der grofse Zapfen von Araucaria brasiliensis besteht aus einer Achse mit Samenschuppen, die Deckblätter fehlen. Jede Samenschuppe trägt die Anlage zu einer Samenknospe, welche jedoch nicht überall zur Ausbildung kommt. Von 700 — 800 Samenschuppen bilden etwa nur 100 ihre Samenknospe aus und von diesen bringen wieder nur 30 — 40 keimfähige Samen. Die gegenläufige Samenknospe hat ein einfaches Integument (Fig. 224. p. 324), sie ist ungeflügelt und trennt sich niemals von der Samenschuppe. Der Embryo bringt beim Keimen seine beiden Samenlappen nicht wie die übrigen Nadelhölzer über die Erde, dieselben verbleiben vielmehr, das Endosperm verzehrend, den Cycadeen ähnlich, im Samen. — Der männliche Blüthenstand der Araucaria ist eine aufrechte kegelförmige Aehre, aus einer Achse und dicht gestellten Staubblättern, welche an der unteren Seite zahlreiche lange Pollensäcke in zwei Reihen (Fig. 207. p. 300) tragen, zusammengesetzt. Der Blüthenstaub ist kugelförmig. Die Laubknospe hat keine Knospenschuppen. Araucaria hat einjährige Samenreife; die Samenschuppen fallen wie bei Abies von der Spindel.

Dem Zapfen der Cupressineen fehlen die Samenschuppen, derselbe besteht aus Deckblättern, welche später entweder verholzen oder

fleischig werden und zwischen welche freie geradläufige Samenknospen hervortreten. Die unteren Deckblätter eines solchen Zapfens sind in der Regel steril, d. h. sie tragen keine Samenknospen.

Bei Thuja und bei Cupressus entwickeln sich nur in der Achsel der 2 oder 3 letzten Deckblätterpaare Samenknospen (Fig. 246. p. 382), und bei Juniperus sind nur die 3 letzten Deckblätter fruchtbar (Fig. 254. p. 421); zwischen jedem Deckblatt steht hier nur eine Samenknospe, während bei Thuja eine oder 2 Samenknospen und bei Cupressus 6—8 Samenknospen vor jedem Deckblatt stehen. (Auch Taxodium hat mehrere Samenknospen.) Bei Juniperus erheben sich die 3 fruchtbaren Deckblätter späterhin ungetrennt, gleich einem aus mehreren Fruchtblättern entstandenen Fruchtknoten. Während die unteren sterilen Deckblätter sich nicht weiter ausbilden, sondern trocken werden, entwickeln sich darauf die 3 fruchtbaren Deckblätter zur saftigen Scheinbeere, welche, wenn alle 3 Samenknospen befruchtet wurden, 3 harte Samen umschliefst.

Die männliche Blüthe der Cupressineen besteht aus einer Achse, welche zahlreiche Staubblätter trägt; der Blüthenstaub wird in kugeligen Pollensäcken an der Unterseite jedes Staubblattes entwickelt (Fig. 237. p. 345); die Zahl der Pollensäcke bleibt nicht überall dieselbe. Die Wand derselben besteht aus einer Zellenreihe, sie öffnen sich mit einer Spalte. Der Blüthenstaub ist kugelig oder eiförmig; seine Pollenzelle theilt sich zur Blüthezeit in zwei Hälften, die kleinere Tochterzelle bleibt unverändert, die gröfsere dagegen wird zum Pollenschlauch. Die Cuticula des Pollenkornes wird, wie bei allen Nadelhölzern, als zweiklappige Hülle abgestreift (Taf. X. Fig. 2 u. 3).

Bei den Cupressineen sind die Corpuscula der Samenknospe zahlreich, sie liegen als ein Zellennest neben einander, ihnen fehlt die Bekleidung durch kleinere Zellen. Ein Pollenschlauch befruchtet viele Samenknospen, während bei den Abietinen jedes Corpusculum seinen eigenen Pollenschlauch erhält. Thuja und Cupressus haben einjährige Samenreife, Juniperus dagegen gebraucht 2, in der Regel sogar 3 Jahre, um seine Beeren zu reifen. — Die Knospen der Cupressineen überwintern ohne Deckschuppen; man kann das Alter ihrer Zweige deshalb nicht nach den Schuppenansätzen zählen; auch die männliche Blüthe überwintert nackt; der Zapfen wird als solcher erst im Frühling angelegt.

Die weibliche Blüthe der Taxineen besteht aus einer einzigen

Samenknospe. Ein Zapfen ist überhaupt nur den Abietinen, der Araucaria und den Cupressineen eigen. Bei Taxus tritt die Samenknospe als Endknospe eines kleinen Seitenzweiges auf (Fig. 241. p. 379), bei Salisburia und Podocarpus ist sie dagegen die Achselknospe eines besonderen Samenzweiges (Fig. 243. p. 380). Bei Taxus tritt aufser dem einfachen Integument noch ein sogenannter Samenmantel (Arillus) hervor, welcher, gleich einem Discus, sich ganz allmälig erhebt und als saftige scharlachrothe Hülle, den schwarzen Samen umkleidet. Bei Salisburia dagegen bleibt dieser Arillus als kleiner verholzter Kranz am Grunde des Samens und das einfache Integument der Samenknospe entwickelt sich nach der Weise einer Steinbeere; der reife Same gleicht deshalb sowohl in seiner Gröfse, als auch in seinem Bau einer kleinen Pflaume. Bei Podocarpus endlich fehlt der Arillus, hier werden dafür die letzten Stengelglieder des Samenzweiges fleischig und zur Zeit der Reife scharlachroth gefärbt (Podocarpus lanceolatus). Die Samenknospen von Taxus und von Salisburia sind geradläufig, die Samenknospe von Podocarpus ist gegenläufig, sie zeigt eine Andeutung des zweiten Integuments. Die Corpuscula der Taxineen sind den Cupressineen ähnlich, doch liegen sie nicht als Zellennest bei einander. Die Knospen der Taxineen (Taxus und Salisburia) überwintern unter dem Schutze von Deckschuppen; die Taxineen haben, so weit mir bekannt, alle einjährige Samenreife.

Die männliche Blüthe der Taxineen ist nach den Gattungen verschieden; bei Taxus entspricht dieselbe etwa den Cupressineen, bei Podocarpus ist sie dagegen genau so gebaut als bei den Abietineen; der Blüthenstaub von Taxus folgt ebenfalls dem Typus der Cupressineen, während der Pollen von Podocarpus den Abietineen entspricht.

Bei den Gnetaceen endlich, wo nur 2 Gattungen, Gnetum und Ephedra, vorkommen, finden wir männliche und weibliche Blüthen, welche bei allen anderen Coniferen immer getrennt sind, ja häufig (Araucaria, Taxus, Juniperus und Salisburia) auf verschiedenen Stämmen vorkommen, in einen Blüthenstand vereinigt; die weiblichen Blüthen erscheinen bei Ephedra am Ende des Blüthenstandes. Gnetum, nur in den Tropen zu Hause, ist noch mangelhaft untersucht.

Die weibliche Blüthe von Ephedra besteht aus einer zweiklappigen zarten Blüthenhülle, welche eine geradläufige Samenknospe mit einfachem Integument umschliefst. Zwei solcher Blüthen werden wieder von einer zweiklappigen Hülle, welche zweien nicht getrennten

Deckblättern (Bracteen) entspricht, umschlossen. Sowohl diese Deckblätter, als auch die Blüthenhülle selbst, werden später fleischig; als gelbgefärbte Scheinbeere umhüllen sie die beiden schwarzen Samen, deren Integument verholzt. Im Sameneiweifs der Ephedra findet sich nur ein einziges centrales Corpusculum. Der Same reift in einer Wachsthumsperiode.

Die männlichen Blüthen von Ephedra sitzen, bei den meisten Arten, an demselben Blüthenstand, welcher eine einfache oder eine verzweigte Aehre bildet, jedoch tiefer als die beiden weiblichen Blüthen (einige Arten sind getrennten Geschlechts). Jede männliche Blüthe hat ebenfalls eine zweiklappige Blüthenhülle, aus welcher zur Blüthezeit ein ziemlich langer, sehr zarter Stiel hervortritt, welcher ein Köpfchen von 3—6, dicht neben einander liegenden, zweifächerigen, ungestielten Antheren trägt (Fig. 208. p. 300). Jedes Staubfach dieser Antheren öffnet sich mit einer Querspalte. Der Blüthenstaub ist länglich eiförmig und zwar der Länge nach tief gefurcht, in seinem Innern entsteht ein Zellenkörper, dessen Endzelle, wie bei den Abietineen, zum Pollenschlauch wird (Taf. X. Fig. 4).

Blicken wir jetzt einmal rückwärts auf sämmtliche Gruppen der Nadelhölzer, welche wir durchlaufen haben, so zeigt sich als Hauptcharakter der ganzen Familie:

1. Das Fehlen des Fruchtknotens in der weiblichen Blüthe.
2. Das Vorkommen der Corpuscula im Sameneiweifs und deren Bedeutung bei dem Befruchtungsact.
3. Das Verhalten des Blüthenstaubes bei der Befruchtung. Während nämlich bei allen anderen Pflanzen die Pollenzelle selbst zum Pollenschlauch wird, entstehen hier erst in derselben Tochterzellen, deren Eine sich als Pollenschlauch entwickelt.

Dieselben Charaktere passen auch für die Cycadeen, welche eigentlich von den Nadelhölzern kaum zu trennen sind. (Der reife Same der Coniferen und der Cycadeen ist eiweifshaltig.)

Die 5 Gruppen der Nadelhölzer charakterisiren sich nun weiter folgendermafsen:

Die Abietineen. Der Zapfen mit Deckblättern und Samenschuppen, an jeder Samenschuppe zwei geflügelte, gegenläufige Samenknospen, deren Knospenmund am Grunde der Samenschuppe liegt und die sich später ablösen. Ferner im Sameneiweifs 2—5 Corpuscula, mit einer besonderen Zellenumkleidung. — Der Keim des

reifen Samens mit 4—12 Samenlappen versehen, während in den anderen Gruppen der Nadelhölzer nur 2 Samenlappen vorkommen — Die männliche Blüthe der Abietineen mit 2fächerigen Staubblättern; im Blüthenstaub bildet sich ein Zellenkörper, dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird.

Araucaria. Der Zapfen ohne Deckschuppen, mit Samenschuppen, welche nur eine, sich nicht von der Schuppe lösende, Samenknospe bilden, deren Knospenmund am Grunde der Samenschuppe liegt. Die zahlreichen Corpuscula in einen Kreis gestellt unterhalb der Spitze des Sameneiweifses. Die Staubblätter der männlichen Blüthe mit vielen langgestreckten Pollensäcken. Der Pollen kugelig. Der Keim mit zwei Samenlappen, welche die Samenschale beim Keimen nicht verlassen.

Die Cupressineen. Ein Zapfen mit Deckschuppen aber ohne Samenschuppen, die nackten geradläufigen Samenknospen frei, mit aufwärts gerichtetem Knospenmund. Zahlreiche Corpuscula, als Zellennest dicht neben einander im Sameneiweifs liegend. Die Staubblätter der männlichen Blüthe, wie bei den Cycadeen, mit Pollensäcken versehen; der kugelige Blüthenstaub bildet 2 Tochterzellen, deren gröfsere zum Pollenschlauch wird. Der Keim mit 2 Samenlappen.

Die Taxineen. Statt des Zapfens einzelne freie Samenknospen auf einem besonderen einfachen oder getheilten Samenzweige. 2 bis 10 Corpuscula, denen zwar eine besondere Zellenumkleidung, wie bei den Abietineen, fehlt, die aber nicht, wie die Cupressineen, als Zellennest dicht nebeneinander liegen. Die Samenknospen entweder geradläufig (Taxus, Salisburia) oder gegenläufig (Podocarpus). Die männliche Blüthe und der Blüthenstaub entweder wie bei den Abietineen (Podocarpus), oder wie bei den Cupressineen (Taxus). Der Keim mit 2 Samenlappen. Die Nadelform der Blätter geht in dieser Gruppe vielfach in die Flächenform hinüber (Podocarpus, Salisburia, Damara).

Die Gnetaceen. Während bei allen anderen Gruppen der Nadelhölzer die männlichen und die weiblichen Blüthen zum wenigsten auf besonderen Zweigen, ja sehr häufig auf verschiedenen Stämmen erscheinen, sind sie hier meistens in einen Blüthenstand vereinigt; die männlichen Blüthen stehen am unteren Theil, die weiblichen an der Spitze des Blüthenstandes. Die weibliche Blüthe als aufrechte Samenknospe von einer Blüthenhülle umgeben; die männliche Blüthe als Stämmchen, welches mehrere ungestielte, zweifächerige Antheren trägt, gleichfalls von einer Blüthenhülle umschlossen. Im Sameneiweifs nur

ein einziges Corpusculum (Ephedra). Der Keim mit 2 Samenlappen und eigenthümlicher Keimung (Fig. 153. IV. p. 143). — Während allen anderen Nadelhölzern ein Holz ohne Gefäfszellen zukommt, besitzen die Gnetaceen ein Holz mit Gefäfszellen.

Die Cycadeen schliefsen sich, soweit ich dieselben zu untersuchen Gelegenheit hatte, durch Zamia am nächsten an die Cupressineen an; sie haben, wie diese, einen Zapfen ohne Samenschuppen und Staubblätter mit Pollensäcken; ihr Keim hat gleichfalls zwei Samenlappen, die aber an ihrer Spitze miteinander verwachsen sind und beim Keimen im Sameneiweifs verbleiben, während dieselben bei allen Nadelhölzern (Araucaria ausgenommen) als grüne Keimblätter hervortreten. Cycas hat einen Samenstand, der einem gefiederten Blatte entspricht, und als solcher bei den Coniferen nicht vertreten ist (Fig. 225. p. 324). Die Cycadeen haben zusammengesetzte Blätter. Der Bau ihres Holzes, dem die Gefäfszellen fehlen, entspricht den Nadelhölzern. Cycas und Zamia haben einjährige Samenreife.

Unter den Amentaceen, welche sämmtlich getrennten Geschlechts sind und sich zunächst durch den männlichen Blüthenstand, welcher ein sogenanntes Kätzchen (Amentum), d. h. eine herabhängende Aehre bildet, desgleichen durch einen eiweifslosen Samen, charakterisiren, sind die wahren Cupuliferen, nämlich die Gattungen: Quercus, Fagus und Castanea in der männlichen Blüthe durch eine meistens fünftheilige Blüthenhülle, welche, ohne ein Stützblatt zu besitzen, einzeln an der Spindel des Blüthenstandes auftritt (Taf. VIII. Fig. 18 bis 20, 35) und durch vierfächerige Staubblätter mit ungetheiltem Träger, ausgezeichnet (Taf. VIII. Fig. 21—23, 36 u. 37). Die weibliche Blüthe der ächten Cupuliferen hat eine wahre Cupula, welche aus einem Discus, der unter seinem Rande, indem er fortwächst, Blätter bildet, entsteht. Bei der Eiche ist diese Cupula napfförmig, sie umfafst nur den Grundtheil einer reifen Frucht (Taf. VIII. Fig. 5, 6, 8, 9, 12 u. 16), bei der Buche und bei der Kastanie bildet sie dagegen eine viertheilige vollkommene Hülle, welche bei der Buche 2, bei der Kastanie dagegen 2 bis 8 Fruchtknoten umschliefst (Taf. VIII. Fig. 27). Jeder Fruchtknoten der ächten Cupuliferen ist unterständig, er trägt 2—7 Narben und in der Regel unter denselben ebenso viele später mit den Narben vertrocknende Perigonblättchen (Taf. VIII. Fig. 1—6 u. 27 *p*). Die Fruchtknotenhöhle hat wandständige Samenträger, deren Zahl den vorhandenen Narben entspricht (Taf. VIII. Fig. 10 u. 30); jeder Samen-

träger bildet 2 gegenläufige Samenknospen mit doppelter Knospenhülle (Taf. VIII. Fig. 15 u. 32—34). Die Samenträger sind alle fruchtbar, aber dennoch kommt in der Regel nur ein Same zur Reife. Die untere Hälfte des Fruchtknotens ist durch Vereinigung des Mittelsäulchens mit den wandständigen Samenträgern mehrfach geworden (Taf. VIII. Fig. 6, 27, 92—31 und 34). Beim Keimen der Samen bleiben die beiden Stärkmehl haltigen Samenlappen der Eiche und der Kastanie im Boden, während die Buche ihre beiden Samenlappen als grofse grüne Blätter über der Erde entfaltet.

Den ächten Cupuliferen am nächsten reiht sich die Wallnufs (Juglans) an. Die männliche Blüthenähre besitzt nämlich wie diese einzelne Blüthen, welche aus einer fünftheiligen Blüthenhülle und aus einer nicht fest bestimmten Anzahl von Staubblättern bestehen (Taf. IX. Fig. 44 u. 45); die letzteren sind 4fächerig, mit ungetheiltem Filament (Taf. IX. Fig. 46 und 47). Das Deckblatt (die Bractea), welche bei den wahren Cupuliferen gänzlich fehlt, ist hier als kleine Schuppe vorhanden (Taf. IX. Fig. 44 und 45*a*). Bei der weiblichen Blüthe, welche aufser einem Discus noch 3 zweigliedrige Blattkreise, die als oberständige Blüthenhülle und als 2 sehr entwickelte Narbenblätter auftreten, besitzt (Taf. IX. Fig. 41 und 42), bleibt der Discus (*d*) unentwickelt und wird bei der Ausbildung des Fruchtknotens mit emporgehoben; hier fehlt deshalb die Cupula. Zwei wandständige Samenträger bleiben bei der Wallnufs unfruchtbar (Taf. IX. Fig. 42 und 43 *st*+), dagegen trägt das Mittelsäulchen die einzige aufrechte Samenknospe, welche nur eine einfache Knospenhülle besitzt. Aus den beiden sterilen Samenträgern entwickelt sich später die Nath der beiden holzigen Schalenhälften. Die Wallnufs keimt der Eiche ähnlich, indem ihre ölhaltigen Samenlappen in der Fruchtschale bleiben.

Die falschen Cupuliferen, wohin Carpinus und Corylus, ja wie ich vermuthe auch Ostrya, gehören, tragen an der männlichen Blüthenähre in der Achsel eines sehr entwickelten Deckblattes Staubblätter mit gespaltenem Filament, so dafs jede Staubblatthälfte zweifächerig erscheint (Taf. IX. Fig. 9, 10, 24). Eine Blüthenhülle fehlt, man kann deshalb nicht sicher bestimmen, ob die in der Achsel eines Deckblattes vorhandenen Staubblätter einer oder mehreren Blüthen angehören; für die Haselnufs werden, der Erle entsprechend, 2 Blüthen wahrscheinlich. Jede Staubblatthälfte ist mit einem Haarschopf versehen. — Der weibliche Blüthenstand ist, gleich dem

männlichen, ährenförmig. In der Achsel eines Deckblattes entstehen 2 Blüthenanlagen, welche zuerst ein Blatt, das zur falschen Cupula wird (*x*), und darauf einen Blattkranz (*p*) und 2 Narbenblätter entwickeln (Taf. IX. Fig. 1—4 und 14—18), die Fruchtknotenhöhle entsteht alsdann unter diesen beiden Blattkreisen. Im unterständigen Fruchtknoten bilden sich darauf 2 wandständige Samenträger, von denen jedoch nur einer fruchtbar ist (Taf. IX. Fig. 6, 7 und 19), dieser eine bildet 2 gegenläufige Samenknospen mit einer Knospenhülle (Taf. IX. Fig. 21 und 22). In der Regel kommt nur ein Same zur Reife. — Bei der Hainbuche bleibt die falsche Cupula als offenes Blatt; bei der Haselnufs bildet sie eine die Frucht eng umschliefsende Hülle. Beim Keimen der Haselnufs bleiben die beiden Samenlappen in der Erde, bei der keimenden Hainbuche werden sie dagegen als grüne Blätter entfaltet.

Bei den Betulineen (Betula und Alnus) trägt die männliche Aehre in der Achsel von Deckblättern 2 (Betula) oder 3 (Alnus) Blüthen, welche bei der Birke aus einer 2blätterigen Blüthenhülle und aus 2 Staubblättern, bei der Erle dagegen aus einer 4blätterigen Blüthenhülle und aus 4 Staubblättern bestehen. Jedes Staubblatt ist durch die Spaltung seines Trägers in 2 gleiche Hälften getheilt (Taf. IX. Fig. 31 und 32), ein Haarschopf auf dem Scheitel jeder Staubblatthälfte, welche den falschen Cupuliferen eigen ist, mangelt. Der weibliche Blüthenstand ist gleichfalls eine Aehre; in der Achsel jedes Deckblattes treten bei der Erle zwei, bei der Birke dagegen drei Blüthenanlagen hervor. Jede weibliche Blüthe besteht hier nur aus zwei Narbenblättern, welche, indem sich ihr Grundtheil als ein Ganzes erhebt, unter sich allmälig eine Fruchtknotenhöhle bilden (Taf. IX. Fig. 26 u. 27), in welcher 2 wandständige Samenträger, von denen nur einer fruchtbar ist, erscheinen (Taf. IX. Fig. 29). Die beiden Samenknospen dieses Samenträgers sind gegenläufig mit einem Integument versehen (Taf. IX. Fig. 30). Bei Alnus zeigt sich am Grunde jedes Fruchtknotens noch ein kleines Blatt, welches vielleicht die Anlage zu einer falschen Cupula vorstellen möchte. Die Erle steht überhaupt den falschen Cupuliferen, in Betreff ihres Holz- und Rindenbaues, näher als die Birke. Die Deckblätter der weiblichen Aehren verholzen bei der Erle, ihr Blüthenstand entspricht deshalb etwa dem Cupressuszapfen; bei der Birke fallen dagegen die Deckblätter sammt den reifen Früchten, den Samen der Tanne ähnlich, von der Spindel. Der keimende Birken- und Erlensame hebt seine beiden Samenlappen als grüne Blätter über die Erde.

An die Betulineen schliefst sich nunmehr die neuholländische Familie der Casuarineen, desgleichen die Familie der Salicineen, zu welcher unsere Weide und Pappel gehören. Sowohl der männliche als der weibliche Blüthenstand der Salicineen sind hängende Aehren (Kätzchen). In der Achsel eines jeden Deckblattes entsteht nur eine Blüthe, welche am männlichen Kätzchen aus 2—5 vierfächerigen Staubfäden mit ungetheiltem Filament, bei dem weiblichen Kätzchen dagegen aus einem Fruchtknoten mit 2 Narben besteht; häufig ist in beiden Fällen noch ein napfförmiger Discus vorhanden. Der Fruchtknoten trägt an zwei wandständigen Samenträgern zahlreiche Samenknospen. — Der keimende Pappel- und Weidensame entfaltet seine beiden Samenlappen als grüne Blätter.

Blicken wir jetzt rückwärts, so erscheint bei den wahren Cupuliferen und bei den Juglandeen nur der männliche Blüthenstand als Aehre (Kätzchen), von da ab werden aber beide Blüthenstände ährenförmig. Nur die wahren Cupuliferen haben eine ächte Cupula; bei der Wallnufs kommt der Discus, welcher sie bilden müfste, nicht mehr zur Ausbildung. Die falsche Cupula der Hainbuche und der Haselnufs entsteht dagegen aus einem Blatte, sie ist deshalb mit der ächten Cupula, welche einem hohlen Stammorgan, das aus sich Blätter bildet, entspricht, gar nicht zu vergleichen. Die Hainbuche und die Haselnufs stehen überhaupt schon wegen der Art ihres Blüthenstandes den Betulineen viel näher, sie unterscheiden sich von ihnen nur durch die falsche Cupula und durch den Blattkranz unterhalb der beiden Narben, welcher den Betulineen mangelt, im Uebrigen haben sie wie diese einen fruchtbaren und einen unfruchtbaren Samenträger und Samenknospen mit einfachem Integument, während bei den ächten Cupuliferen alle Samenträger fruchtbar sind und die Samenknospen zwei Integumente besitzen. Ferner entspricht das gespaltene Filament der Staubblätter bei Carpinus und Corylus vollständig den Betulineen, nur das Vorkommen des Haarschopfes auf dem Scheitel jeder Antherenhälfte unterscheidet sie von der Erle und der Birke. Der Bau des Blüthenstaubes und der Bau des Holzes bestätigt aufserdem noch diese Verwandtschaft. Dazu kommt endlich das eigenthümliche Verhältnifs der frühen Bestäubung und der späten Befruchtung, welches beiden Gruppen (den falschen Cupuliferen und den Betulineen) eigen ist. Die Salicineen endlich unterscheiden sich wieder von den Betulineen durch den Mangel einer Blüthenhülle für die männliche Blüthe und durch

das nicht getheilte Filament des Staubblattes, ferner für die weibliche Blüthe durch die beiden fruchtbaren Samenträger und die Bildung mehrerer Samenknospen an jedem derselben [1]).

XVIII. Die Vermehrung der phanerogamen Gewächse.

§. 86. Wie bei den kryptogamen Pflanzen eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Vermehrung stattfindet, so sind auch die phanerogamen Gewächse befähigt, sich auf beide Weise fortzupflanzen. Während bei den Algen, den Charen, Leber- und Laubmoosen, die auf geschlechtlichem Wege entstandene Anlage zur neuen Pflanze noch aus einer einzigen Zelle besteht, welche keimt und zur selbstständigen Pflanze heranwächst, bildet sich im Keimorgan der höheren Kryptogamen schon ein aus vielen Zellen bestehender Körper, eine Achse, an welcher sich ein Stamm- und ein Wurzelende unterscheiden lassen, und damit haben wir den Uebergang zu den Phanerogamen, deren gleichfalls auf geschlechtlichem Wege entstandener Keim immer aus einem zelligen Körper, aus einer Achse, besteht, die in den meisten Fällen eine Stammknospe mit einigen Blättern (den Samenlappen) und ein Wurzelende unterscheiden läfst. — Wie der kryptogame Keim aus dem Archegonium hervorwächst, so verläfst der phanerogame Keim den Samen; im Innern beider bilden sich Gefäfsbündel und unter der Stammknospe entstehen junge Blätter, das Wurzelende aber verlängert sich entweder selbst zur Wurzel, oder es entspringen aus ihm die ersten Nebenwurzeln. Die junge Pflanze macht sich darauf frei und führt ein selbstständiges Leben; sie gleicht ihren Eltern und erhält die Art. — Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt bei den niederen Kryptogamen gleichfalls durch einfache Zellen (Algen, Pilze, Flechten), die in verschiedener Weise entstehen und unter sich bei derselben Pflanzenart verschieden sein können (die Schwärmsporen und die Brutzellen der Algen). Schon bei einigen Lebermoosen (Blasia, Marchantia) lösen sich nicht mehr einfache Zellen, wohl aber aus gleichwerthigen Zellen bestehende Körper von der Mutterpflanze ab, um ein neues selbstständiges Pflanzenexemplar zu bilden. Bei den höheren, mit Gefäfsbündeln versehenen, Kryptogamen erfolgt darauf die ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospen, welche als solche

[1]) Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie u. Physiologie. p. 33—53 u. p. 182—219.

aus einem Stammorgan bestehen, das die Fähigkeit Blätter und Wurzeln zu bilden, besitzt, und das schon die Anlage der Gefäfsbündel in sich trägt. — Durch Knospen ähnlicher Art vermehren sich auch die Phanerogamen auf ungeschlechtlichem Wege; jede Knospe kann hier unter günstigen Umständen entweder eine neue selbstständige Pflanze entwickeln, oder auf einen anderen Stamm gepfroft, einen Zweig bilden, welcher die Eigenschaften seiner Mutterpflanze auch auf dem fremden Stamme bewahrt. Wie auf geschlechtlichem Wege die Art, so wird durch die ungeschlechtliche Vermehrung die Varietät (Sorte) erhalten. Alle Pflanzen ohne, oder mit unentwickelten Gefäfsbündeln vermehren sich demnach sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich durch Zellen, alle Gewächse dagegen mit entwickelten Gefäfsbündeln können sich nur durch eine frei werdende Achse vermehren. — Wenn bei den kryptogamen Gewächsen die geschlechtliche Vermehrung vorherrscht, so tritt in der Regel die ungeschlechtliche zurück; ebenso bei den Phanerogamen. Wo die Samenbildung reichlich erfolgt, da ist das Entstehen der Brutknospen mehr oder weniger unterdrückt und umgekehrt bei reichlicher Vermehrung auf ungeschlechtlichem Wege erfolgt die Samenbildung in der Regel sparsam oder gar nicht. — Im Thierreich ist eine ungeschlechtliche Vermehrung nur bei den wirbellosen Thieren bekannt[1]).

---

[1]) Zur Literatur über die Keimung der Phanerogamen:

Caspary, Same und Keimung der Orobancheen. Flora 1854. p. 577.

Dewoer, über den Bau des Embryo der Gräser. Bulletin de l'Académie des sciences de Belgique. XX. 1. p. 358.

Fabre, de la germination des Ophrydées. Annales des sciences 1856. p. 163 bis 186.

Fleischer, zur Lehre vom Keimen der Samen der Gewächse. Stuttgart 1851.

Göppert, das Keimen unreifer Samen. Bot. Zeit. 1847. p. 386. — Ders., über die Einwirkungen des Chlors u. s. w. auf die Keimung. Froriep's Notizen 1834.

Gümbel, Entwickelungsgeschichte (Keimung) von Viscum album. Flora 1856. p. 433—436.

Hartig, Forstbotanik. — Ders., Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, dessen Stoffbildung und Stoffwandlung beim Reifen und Keimen.

Irmisch, Keimpflanzen von Tussilago, Thesium, Chenopodium, Saxifraga u. s. w. Flora 1853. — Ders., Keimung von Convolvulus Sepium. Bot. Zeit. 1857. — Ders. in der bot. Zeit. 1857. p. 616 (über Keimung der Orchideen).

Karsten, die Vegetationsorgane der Palmen. Abhandl. der Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1847. — Ders., über Zamia muricata. Abhandl. der Akad. der Wissensch. zu Berlin 1856.

Meyen, Pflanzenphysiologie Bd. II.

Prillieux et Rivière, sur la germination et le développement d'une Orchidée. Annales des sciences 1856. p. 119—136.

Schacht, Keimung der Waldbäume. Monatsbericht der Berl. Akademie 1853

a) Die Fortpflanzung durch den Keim.

(Geschlechtliche Fortpflanzung).

Der Keim der Phanerogamen kann, wie wir gesehen haben, schon im Samen 1. einen geringeren oder höheren Grad der Ausbildung erreichen. Die Theile desselben können 2. sowohl gestaltlich als auch functionell Verschiedenheiten zeigen, weshalb die Art der Keimung verschieden ausfallen mufs.

Zum Keimen des Samens sind ein gewisser Grad der Wärme und der Feuchtigkeit nothwendig, worüber GÖPPERT[1]) interessante Versuche angestellt hat, welche beweisen; dafs die niedrigste Temperatur, bei welcher eine Keimung beobachtet wurde + 3° R., nach EDWARDS und COLIN[2]), aber + 7° C. (5, 5° R.) ist. Dagegen verliert der trockene Same, mit Ausnahme tropischer Sämereien, selbst bei einer Kälte, die das Quecksilber gefrieren macht, noch seine Keimkraft nicht, während der nasse Same schon bei niederen Kältegraden getödtet wird. Grofse Wärme zerstört die Keimkraft des Samens und zwar werden im Wasser nur bis zu 50° C., in trockener Luft dagegen bis 75° C. vertragen, was überdies nach der Dauer der Erwärmung und nach der Art des Samens verschieden ist. Nach HENLOW befördert wieder ein kurzes Verweilen in kochendem Wasser das rasche Keimen der Samen; Acaciensame, welcher 1½—15 Minuten lang gekocht wurde,

---

und Flora 1853. — Ders., Keimung der Wallnufs. Beiträge zur Anatomie p. 103—114. — Ders., die Schmarotzergewächse und deren Verhalten zur Nährpflanze. Beiträge zur Anatomie p. 165—181.
SCHLEIDEN, Grundzüge. Bd. II. p. 429.
SCHNAASE, Anpflanzen von Viscum durch Kunst und Natur. Bot. Zeit. 1851, p. 721.
STRICKLAND, über die Lebensfähigkeit der Samen. Bot. Zeit. 1854. p. 72.
TITTELBACH, über die Cultur der Orobancheen.
TITTMANN, über den Embryo des Samenkornes und seine Entwickelung zur Pflanze. Dresden 1817.
TREVIRANUS, über das Keimen der Gewächse. Vermischte Schriften Bd. IV. 1821. — Ders., Embryo der Orobanche und der Cytinus Hippocistis. Bot. Zeit. 1857. p. 700. — Ders., Hat Pinguicula zwei Cotyledonen? Bot. Zeit. 1848. p. 441. — Ders., Pflanzenphysiologie Bd. II.
WICHURA, Keimpflanzen der Anemone; Keimung von Omphalodes scorpioides. Flora 1857. p. 44. — Ders., das Blühen, Keimen und Fruchttragen der einheimischen Bäume und Sträucher. Flora 1857. p. 572.
WIGAND, Versuche über das Richtungsgesetz beim Keimen. W. botan. Untersuchungen 1854. p. 131—161.

[1]) GÖPPERT, über die Wärmeentwickelung in den Pflanzen.

[2]) Magazin of natur. hist. Vol. IX. p. 477.

keimte früher, als solcher, welcher nicht gekocht worden. MEYEN wiederholte diese Versuche mit dem Samen der Kresse, der Ipomaea purpurea und des Hafers. Die Samen, welche mit dem Wasser zum Sieden erhitzt wurden, keimten nicht mehr, die, welche 2 Secunden in kochendem Wasser verweilten, keimten später; der Same der Ipomaea vertrug eine längere Erwärmung als die beiden anderen; ein 5 Minuten langes Verweilen hatte sämmtliche Samen getödtet[1]).

Chlorwasser[2]), desgleichen Brom- und Joddämpfe[3]) befördern im Sonnenlicht die Keimung der Samen (wahrscheinlich durch Wasserzersetzung und Freiwerden von Sauerstoff, der wie DE SAUSSURE[4]) nachgewiesen, für die Keimung nothwendig ist). Auch sollen nach GÖPPERT verdünnte Minéral- und Pflanzensäuren gleichfalls dieselbe beschleunigen. Die Benutzung des kochenden Wassers zur Beförderung der Keimung gehört, wie schon MEYENS Versuche zeigen, zu den gefährlichen Experimenten, welche wohl nur von wenig Pflanzen vertragen werden, was wahrscheinlich ganz von der Beschaffenheit des Samens selbst und seiner Schale abhängt. Ein Quellen in lauwarmem Wasser befördert dagegen bekanntlich die rasche Keimung trockener Sämereien.

Beim Keimen des Samens aller Dicotyledonen ohne Ausnahme tritt die Wurzel immer zuerst aus der Schale hervor, die Zeit aber, welche verstreicht, bis dieselbe ihre Hüllen verläfst, ist nach den Pflanzen sehr verschieden, was zum Theil von der Samenschale und dem Grade, in welchem letztere die Aufnahme der Feuchtigkeit gestattet, noch mehr aber von der chemisch-physikalischen Beschaffenheit der wesentlichen Theile des Samens, des Sameneiweifses und des Keimes, oder bei eiweifslosem Samen, des letzteren allein, abhängt. Samen mit harter, holziger Schale ohne Nähte liegen in der Regel lange in der Erde. Die Mandel und der Pfirsich brauchen oft ein halbes Jahr, der Mango- und Anonasame liegen 6—8 Wochen; dagegen keimt der Same der Opuntia Ficus indica, mit steinharter Schale, schon innerhalb 4 bis 5 Wochen. Die Samen mit Stärkmehl haltigem Sameneiweifs und dünner Schale keimen in der Regel bald; die Getreidekörner innerhalb

---

[1]) MEYEN, Pflanzenphysiologie Bd. II. p. 321.
[2]) A. v. HUMBOLDT, Aphorismen etc. p. 68.
[3]) GÖPPERT in FRORIEP's Notizen. No. 861. März 1834.
[4]) DE SAUSSURE, l'altération de l'air par la génération et par la fermentation. Biblioth. univers. 1834 Juin. p. 113—199.

3—4 Tagen; die Nadelhölzer, mit Stärkmehl und Oel haltendem Albumen, binnen 8—14 Tagen, ebenso Euphorbia canariensis; Pinus Cembra liegt dagegen nach HARTIG 18 Monate. Die Eiche mit Stärkmehl in den Samenlappen, kommt bei warmem Wetter in 12—16 Tagen; die Wallnufs, deren Samenlappen kein Stärkmehl, wohl aber fettes Oel und eine reichliche Menge körniger Stoffe enthalten, bedarf 3—4 Wochen zur Keimung. Die Samen des Weifsdorns, der Rosen, der Weifsbuche, der Esche, des Cornus, Evonymus und Acer sollen nach WICHURA sogar mehr als 2 Jahre im Boden liegen. Ebenso soll nach HARTIG[1]) der Same von Fraxinus excelsior erst im zweiten Frühjahr keimen, während der Same von Fraxinus pubescens schon im ersten Frühjahr aufgeht.

Einige Samen keimen, sowie sie die Frucht verlassen und in günstige Verhältnisse kommen, andere dagegen bedürfen, wie es scheint, eines Zustandes der Ruhe. Die Samen der Weiden, Pappeln und Ulmen keimen, sobald sie im Sommer zur Erde gelangen; der Weidensame schickt schon nach 12 Stunden seine Würzelchen hervor, verliert aber, wenn er trocken gelegt wird, innerhalb 12 Tagen seine Keimkraft[2]). Die Samen der Coffea und vieler Laurus-Arten keimen gleichfalls nur im frischen noch feuchten Zustande; wenn die Frucht des Kaffees trocken geworden, keimen ihre Samen nicht mehr. Keimende Lorbeersamen (Oreodaphne foetens, Persea indica, Laurus canariensis und Phoebe barbusana) findet man in den feuchten, schattigen Wäldern Madeiras und der Canaren in gröfster Menge; allein die einmal ausgetrockneten Samen gehen selten oder niemals auf. Der Same von Persea gratissima mit sehr entwickeltem Keim, dessen grofse fleischige Samenlappen eine Plumula mit zahlreichen Blattanlagen umschliefsen, sendet, wenn das ölhaltige Fruchtfleisch weich wird, noch am Baume hängend eine lange Wurzel aus, die im weichen Fruchtfleisch zahlreiche Seitenwurzeln treibt. Auch die Samen der Araucaria brasiliensis keimen am Zapfen und schicken nicht selten ihre Wurzel in das ziemlich weiche Gewebe der Achse des letzteren. Der Same unserer Mistel keimt gleichfalls schon innerhalb der noch auf dem Zweige sitzenden Beere. Wenn man dieselbe im Mai zerdrückt, so ragt die Keimachse weit über das Sameneiweifs hervor, womit die Sage, nach welcher nur der von Vögeln ausgeworfene Mistelsame aufgehen solle,

[1]) HARTIG, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims p. 71.
[2]) WICHURA, Flora 1857. p. 572.

gründlich widerlegt wird[1]). Für Rhizophora Mangle ist die Keimung der Samen innerhalb der am Baume hängenden Frucht bekannt.

Sicherlich kommt es hier sehr auf die Zeit und auf die Verhältnisse an, unter welchen die Samen reifen und entlassen werden. Die Samen der Euphorbia canariensis z. B. reifen im Juli und August, sie keimen erst nach den ersten Herbstregen, welche überhaupt auf Madeira und Tenerife eine Jahreszeit herbeiführen, die man mit unserem Frühling vergleichen könnte. Der Herbst ist hier die eigentliche Zeit des Keimens, da im Sommer Wassermangel dasselbe beschränkt oder gar verhindert, während bei uns die Kälte des Winters der Vegetation hemmend entgegentritt. — Die Samen der Weiden, Pappeln und Ulmen, welche bei uns im Sommer reifen, würden wahrscheinlich nicht sofort keimen, wenn sie, gleich dem Samen der Tanne, Buche und Eiche, im Spätherbst ausgestreut würden. Während der Zapfen der Tanne im Herbste zerfällt, so dafs nur seine nackte Achse auf dem Zweige verbleibt, öffnen sich die Zapfen der Kiefer und Fichte erst im Frühjahr und der Wind entführt ihre Samen. Die Tanne keimt früher als die beiden anderen Nadelhölzer, ihr Same kommt zeitiger in die zur Keimung nöthigen Verhältnisse, die Samenschale ist überdies nicht, wie bei der Kiefer und Fichte, verholzt.

Die meisten Samen bedürfen sicherlich keiner Ruhezeit um nachzureifen, d. h. durch langsam wirkende chemische Veränderungen zur Keimung tauglich zu werden; sie keimen vielmehr, sobald ihnen die nothwendigen Bedingungen gegeben werden (die Getreidesamen keimen im nassen Herbst schon innerhalb der Aehre), doch ist die Zeit des Hervortretens der Wurzel nach den Pflanzen verschieden, was, wie das Aufbrechen der Knospen im Frühjahr, zum Theil mit von der Temperatur abhängig ist (p. 15). Die Keimpflanzen der Linde kommen z. B. viel später als die des Ahorns, weil erstere wahrscheinlich zur Keimung mehr Wärme bedürfen.

Im Allgemeinen keimen frische Samen sicherer und schneller als alte Sämereien. Der Weidensame, der, nach Wichura, an die Erde gelangt, nach 10—12 Stunden schon seine Wurzel ausschickt, bedarf, wenn er wenige Tage trocken gelegen, schon eine längere Zeit

---

[1]) Diese Sage gründet sich darauf, dafs die glatte Mistelbeere, wenn sie vom Mistelbusche fällt, nicht am Zweige haftet, dagegen wenn sie vom Vogel ausgeworfen wird und ihrer Schale beraubt ist, vermöge ihres klebenden Saftes leicht an demselben hängen bleibt.

und keimt nach 10—12 Tagen, wie schon bemerkt, nicht mehr. Hier, wie bei der Caffebohne und dem Lorbeersamen bewirkt das Austrocknen sicherlich Veränderungen, indem die erstere bekanntlich zwei Jahre liegen mufs, um das Maximum ihres Aromas zu gewinnen [1]). Es scheint überhaupt als ob vorzugsweise dem Samen mit hornartigem Albumen das Austrocknen schädlich wäre, indem auch reife Beeren der Dracaena Draco, die ich an der Sonne ausgetrocknet von Tenerife herüber brachte, nicht mehr keimten, während andere, welche weniger ausgetrocknet und an der Oberfläche verschimmelt waren, zum Theil ihre Keimkraft bewahrt hatten. Alte Samen, von Canna und Strelitzia mit hornartigem Perisperm keimen gleichfalls nur selten, während frische Samen leicht aufgehen. Stärkmehlhaltige Samen halten sich dagegen trocken vorzüglich, wie die Weizenkörner der Mumiengräber Aegyptens, aus welchen Sternberg neue Pflanzen zog, beweisen. Stärkmehl- und ölhaltige Samen werden, wenn sie nicht ganz trocken sind, leicht durch Schimmelbildung getödtet (die Samen der Nadelhölzer, insbesondere der Araucaria, desgleichen die eiweifslosen Samen der Mangifera indica). Die ölhaltigen Samen endlich möchten vielleicht durch Oxydation des fetten Oeles mit der Zeit ihre Keimkraft verlieren. — Samen derselben Pflanze, ja desselben Blüthenstandes, sollen bisweilen zu verschiedenen Zeiten keimen [2]).

Bei der Keimung wirkt zunächst der chemische Procefs, sie wird, wie wir gesehen, durch Feuchtigkeit und Wärme eingeleitet, für sie ist überdies der Zutritt der Luft, deren Sauerstoff verbraucht wird, nothwendig; es wird Kohlensäure ausgeschieden. Samen von verschiedener chemischer Zusammensetzung (Getreidearten, Hanf, Klee, Spergula, Brassica) erwärmen sich dabei, wie Göppert nachgewiesen, sehr bedeutend; in der Menge von etwa 1 Pfund in Keimung versetzt, stieg die Temperatur von 7—15° auf 12—40°. Die Erwärmung des Getreides beim Malzen ist eine längst bekannte, aber mit Unrecht der Gährung zugeschriebene, Thatsache. Nach der chemischen Zusammensetzung des Keimes und des Sameneiweifses, wenn solches vorhanden ist, wird auch der chemische Procefs bei Keimen anders ausfallen müssen,

---

[1]) Auf Madeira benutzt man niemals frische Bohnen; der dort gezogene Kaffee aber wird der Moccabohne gleichgeschätzt, jedoch nicht exportirt. (Mein Bericht über Madeira und Tenerife p. 66.)

[2]) Botanische Zeitung 1856. p. 83.

und wäre es sehr erwünscht, hierüber näheren Aufschlufs zu erhalten. Chemiker mit Physiologen Hand in Hand könnten hier noch grofse Schätze heben.

Der Abschlufs des Lichtes scheint für die Keimung nicht nothwendig zu sein; die Samen keimen nur am Boden schattiger Wälder oder in der feuchten Erde leichter, weil hier das Wasser mehr gebunden wird. Für gewisse Pflanzen scheint sogar ein Lichtzutritt erforderlich; die Erdschicht, welche den Samen deckt, darf deshalb nicht zu dick ausfallen. Die Samen des Rododendron, der Erica- und Calceolaria-Arten keimen ohne Erdbedeckung besser. Sämereien, welche Jahre lang ohne zu treiben tief in der Erde liegen, kommen oftmals bei dem Umackern eines Feldes an die Oberfläche und bald darauf zur Keimung. — Die oberflächliche Lage der Samen ist jedenfalls das normale Verhältnifs; wer gräbt dieselben bei der Selbstbesamung der Waldbäume unter, und wie munter keimen sie, wenn ihnen nur Wärme und Feuchtigkeit gegeben ist, was namentlich die Wälder südlicher Breiten, die immer warm, feucht und schattig sind und deren Boden mit keimenden Samen bedeckt ist, beweisen. Zwar würde es gewifs unpraktisch sein, wenn man die Getreidekörner frei in der Furche liegen liefse, der Wind und die Vögel würden sie bald hinwegführen oder verzehren, auch würde bei trockener Witterung die Feuchtigkeit mangeln. Eine zu tiefe Lage der Sämereien ist dagegen, wie den Land- und Forstwirthen hinreichend bekannt, durchaus nachtheilig. Dagegen wird die Ausbildung junger Triebe bei einigen Pflanzen durch die Dunkelheit befördert und durch den Lichtzutritt verhindert (bei der Kartoffelknolle).

Die ersten Erscheinungen der Keimung bestehen in einem Aufquellen der inneren Theile des Samens, wodurch zuweilen die äufseren Hüllen gesprengt werden (bei dem Samen der Opuntia Ficus indica und bei dem Samen der Zamia spiralis, wo der Rand des Knospenmundes des verholzten Theiles der Samenknospe bei dem Hervortreten der Wurzel zahnartig zerreist (Fig. 158. p. 151). Die Wurzel tritt zuerst hervor, sie wendet sich nach abwärts (p. 150)[1]).

Die Keimpflanze nimmt zuerst ihre Nahrung aus dem Samen allein, und zwar, wenn ein Sameneiweifs, es sei nun Endosperm oder Perisperm (p. 424), vorhanden ist, meistens durch Vermittelung der

[1]) Ein schönes Beispiel abwärts wachsender Zweige liefert Ilex aquifolium var. pendula; aufwärts wachsende Nebenwurzeln besitzt dagegen Phönix farinifera.

Samenlappen, von demselben; wo es dagegen fehlt, da müssen die letzteren selbst die in ihnen aufgespeicherten Nahrungsstoffe zum Nutzen der Keimachse hergeben und die kugelförmige Keimachse der eiweifslosen Samen endlich (Orchideae, Benitzia, Dictyostega, Sarna, Frostia) kann nur aus sich die erste Nahrung schöpfen. Nach der Wurzel tritt dann allmälig auch die Stammknospe hervor, sie breitet entweder ihre Keimblätter aus oder selbige bleiben im Samen, wonach wir zwei Arten der Keimung erhalten: 1. eine Keimung mit Samenlappen über der Erde, wobei die Samenschale abgestreift wird; und 2. eine Keimung mit im Samen verbleibenden Keimblättern. Bei den monocotyledonen Gewächsen bleibt der einzige Samenlappen, soweit mir bekannt, immer im Samen, sie gehören demnach in die erste Abtheilung; bei den Dicotyledonen dagegen erscheinen sogar in derselben Familie (Cupuliferae, Leguminosae, Coniferae) Pflanzen mit Samenlappen über der Erde und andere mit Keimblättern, die im Samen bleiben; auch giebt es hier eine Zwischenstufe, wo die Keimblätter nicht sofort aus der Schale hervorbrechen, sondern zuerst das Sameneiweifs verzehren und dann erst die Samen verlassen (die Abietineen, die Cupressineen, die Taxineen, Coffea und Euphorbia). Bei eiweifslosen Samen treten sie dagegen entweder sofort hervor (Fagus), oder sie bleiben für immer im Samen (Quercus, Castanea, die Laurineen, die Cycadeen und Araucaria).

Nach der physiologischen Bedeutung, welche die Samenlappen für die Ernährung der Keimachse übernehmen, ist nun ihr Bau verschieden (p. 92). Der Samenlappen, welcher niemals an das Licht treten soll, hat, wenn er ein Sameneiweifs verzehren mufs, eine epitheliumartige Oberhaut, er wächst im Samen bleibend und nährt sich auf Kosten des Sameneiweifses, welches, wenn dessen Zellen hornartig sind, von ihm vollständig verzehrt wird, so dafs selbiges im Umkreis des Samenlappens verschwindet (Phoenix, Chamaedorea). Oder der Samenlappen verzehrt nur die im zartwandigen Endosperm aufgespeicherten Nahrungsstoffe und zerdrückt, sich ausbreitend, dessen saftlose Zellen (bei den Gramineen), der Adventivknospe ähnlich, welche das sie umgebende Gewebe der Rinde aussaugt (p. 12) und darauf zusammendrängt. Die Samenlappen dagegen, welche gleichfalls für immer im Samen bleiben, aber kein Sameneiweifs zu verzehren haben, vielmehr selbst die Nährstoffe für die Keimachse liefern müssen, verändern ihre

Form nicht wesentlich, sie wachsen nicht, verdicken auch nicht die Wandung ihrer Parenchymzellen, wohl aber bilden sich ihre Gefäfsbündel, die schon als Cambiumbündel vorhanden waren, wie im ersten Falle, mit dem Eintritt der Keimung weiter aus. Die aufgespeicherten Nahrungsstoffe verschwinden allmälig und die leeren Zellen vertrocknen oder verfaulen, wenn sie der Keimpflanze nichts mehr zu bieten vermögen. Die Eiche hat noch im zweiten Jahre ihre Keimblätter, auch die Lorbeerarten behalten sie lange, andere Pflanzen dagegen verlieren sie zeitiger. Die zahlreichen Gefäfsbündel im Samenlappen der genannten beiden Pflanzengruppen vermitteln sicherlich die mittelbare oder unmittelbare Ernährung der Keimachse durch die Keimblätter. — Die Samenlappen, welche eine Zeit lang in der Schale bleiben, um das vorhandene Endosperm zu verzehren, nach dem Verbrauch desselben aber an das Licht treten, haben an der äufseren Seite, welche das Endosperm berührt, eine zur Absorption geschickte Oberhaut ohne Spaltöffnungen, an der Oberseite dagegen eine wahre Epidermis mit Spaltöffnungen. Das Blattgrün bildet sich bei ihnen erst, wenn sie ans Licht getreten sind (die Nadelhölzer mit Ausnahme von Araucaria und Ephedra). Die Keimlappen der Euphorbia canariensis haben an der Unterseite, welche das Sameneiweifs verzehren mufs, nur sehr vereinzelt Spaltöffnungen, an denen die Epidermis der Oberseite um so reicher ist. — Diejenigen Keimblätter endlich, welche bei der Keimung sofort an das Licht treten, sind wie Laubblätter gebaut, ihre Unterseite hat immer eine mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut (Fagus, Betula, Alnus); bei Opuntia Ficus indica und bei Beta vulgaris[1]) trägt die Oberhaut beider Seiten zahlreiche Spaltöffnungen. In allen über die Erde tretenden Samenlappen wird Blattgrün gebildet.

In der Stammachse des Keimes, die immer später als die Wurzel aus dem Samen hervortritt, bilden sich nun in den bereits vorhandenen Cambiumbündeln, wenn sie nicht schon vorher entwickelt sind (Quercus, Castanea, Juglans, Viscum), und zwar zuerst an der Stelle, wo die Samenlappen den Stamm verlassen, Spiral- oder Ringgefäfse, deren Bildung sich im Stamm nach abwärts und in den Samenlappen nach aufwärts fortsetzt; es entstehen mit anderen Worten die ersten ausgebildeten Gefäfsbündel der jungen Pflanze. Bei den dicotyledonen Gewächsen gehen dieselben ohne Unterbrechung nach abwärts und verlieren

[1]) Das Laubblatt von Beta ist gleichfalls an beiden Seiten mit Spaltöffnungen versehen.

sich unter dem Vegetationskegel der Wurzel, bei den monocotyledonen Pflanzen verschwinden sie dagegen im Keimlager und die Bildung der Gefäfsbündel der Nebenwurzeln beginnt von dieser Region aus nach abwärts; hier ist das Keimlager gewissermafsen der Vereinigungspunkt für die Gefäfsbündel im Stamm und in den Wurzeln. — Während demnach bei den Phanerogamen im Allgemeinen die Ausbildung der Cambiumbündel zu entwickelten Gefäfsbündeln in der Nähe des Vegetationskegels der Stammknospe beginnt, erscheinen nach Caspary[1]) beim Keimling der Orobanche die ersten Gefäfse unter dem Vegetationskegel der Wurzel, nämlich an derjenigen Stelle, wo die Verbindung des Schmarotzers mit dem Gefäfsbündel der Nährpflanze stattgefunden. — Mit der Ausbildung der Gefäfszellen geht nun, wie es scheint, die Ausbildung der übrigen zum Gefäfsbündel gehörigen Zellenarten Hand in Hand. So hat die Keimpflanze der Euphorbia canariensis, sobald sie ihre beiden stumpf-pfeilförmigen Keimblätter über die Erde schickt, aufser den engen Spiralgefäfsen, bereits, freilich noch sehr zartwandige, Milchsaftgefäfse, deren reichlich hervorquellender weifser Milchsaft schon jene stabförmigen Stärkmehlkörner besitzt, während das Parenchym des Keimlings, gleich der erwachsenen Pflanze, runde Amylumkörner bildet. — Bei den dicotyledonen Gewächsen alterniren, so weit meine Untersuchungen reichen, die ersten Blätter der Keimpflanze mit den Samenlappen, welchen sie der Zahl nach entsprechen (Fagus, Ulmus, Euphorbia und die Abietineen). Bei Thuja besitzt schon der zweite Blattkreis doppelt so viele Blätter als Samenlappen vorhanden sind.

Wenn nun das Sameneiweifs oder die dasselbe ersetzenden, im Samen verbleibenden, Samenlappen erschöpft und überflüssig geworden sind und sich die Keimpflanze hinreichend bewurzelt, auch grüne Blätter zur Beschaffung der Luftnahrung gebildet hat, so führt sie ihr selbstständiges, nach den Pflanzengruppen, aber auch nach den Pflanzenarten, sehr verschiedenes Leben. Sobald sich der Stamm erhebt, zeigen sich bei den Dicotyledonen durch die verschiedene Theilungs- und Ausbildungsweise der Gefäfsbündel und durch das verschiedene Verhalten der primären Rinde die Unterschiede zwischen Stamm und Wurzel, die auch bei vielen Pflanzen der Form nach wesentlich sind (Opuntia Ficus indica, Euphorbia canariensis). Bei den Monocotyle-

[1]) Caspary, über Samen, Keimung u. s. w. der Orobanchen. Flora 1854. p. 577.

donen ist diese Grenze durch das Keimlager schon von selbst gegeben. Die Vermehrung der Gefäfsbündel aber, durch Theilung der zuerst entstandenen Bündel, erfolgt in beiden grofsen Pflanzengruppen nach der §. 31 und §. 32 beschriebenen Weise und zwar im Stamme anders als in der Wurzel (p. 173).

Für die morphologische Erscheinungsweise der Keimung, die wir jetzt noch zu betrachten haben, und die zunächst in dem Bau des Keimes und seinem Verhältnifs zu den Theilen des Samens ihre Ursache finden, lassen sich vier typisch verschiedene Formen unterscheiden:

1. Keimung der Samen mit unvollkommener Achse:
   a) im eiweifshaltigen Samen (Monotropa, Orobanche, Rafflesia, Hydnora, Balanophora, Langsdorffia und wahrscheinlich auch Cytinus);
   b) im eiweifslosen Samen (Orchideae, Benitzia, Dictyostega, Sarna, Frostia)[1]).
2. Keimung des monocotyledonen Embryo:
   a) im Samen mit Endosperm (Gramineae, Palmae);
   b) im Samen mit Perisperm (Canna, Strelitzia, Potamogeton).
3. Keimung des dicotyledonen Embryo mit im Samen verbleibenden Samenlappen:
   a) im eiweifshaltigen Samen (Nympheaceae, Araucaria, Cycadeae);
   b) im eiweifslosen Samen (Quercus, Castanea, Juglans, Aesculus, Laurineae, Eryobotrya).
4. Keimung des dicotyledonen Embryo mit Samenlappen über der Erde:
   a) im eiweifshaltigen Samen (Tilia, Polygoneae, Coniferae);
   b) im eiweifslosen Samen (Fagus, Betula, Alnus, Opuntia).

Die Keimung der Samen mit u n v o l l k o m m e n e r A c h s e ist erst für Orobanche und einige Orchideen bekannt[2]). Der sehr kleine Same der Orobanche ramosa keimt, wie es bereits Vaucher angegeben, im Wasser, also, wie sich erwarten liefs, durchaus unabhängig von der

---

[1]) Karsten, parasitische Pflanzen. Acta A. L. C. XXVI. pl. II.

[2]) Treviranus hat die erste richtige Abbildung des kugeligen dicotyledonen Keimes im Samen der Orobanche ramosa gegeben (Treviranus, Physiologie II. Taf. III. Fig. 41—43), Schleiden dagegen hat den mit zwei Samenlappen versehenen Keim der Lathraea im Samen abgebildet (Acta A. L. C. XIX. Taf. VIII. Fig. 141).

Gegenwart einer Nährpflanze, allein der Versuch gelingt, wie es scheint, nur mit frischem Samen. In einem etwa 2 Zoll hoch mit Wasser erfüllten und durch eine Papierdecke vor Staub geschützten Glase keimten die, im Herbst 1854 von mir in Thüringen gesammelten und bald nach meiner Rückkehr ins Wasser geschütteten, Samen im geheizten Zimmer fast ohne Ausnahme. Mitte November waren die am Grunde des Gefäfses liegenden Körner durch lange weifse Fäden, die fadenförmig hervorgetretenen Keimachsen der Samen, unter einander verschlungen. Diese längeren oder kürzeren farblosen Keimachsen, deren Plumula-Ende noch in der Samenschale steckte, während das Sameneiweifs verzehrt war, bestanden aus zartwandigen, mit einem Zellenkern versehenen Zellen, sie endigten mit einer trüben, gelblich gefärbten, aus kleineren Zellen bestehenden, Spitze, dem Radicula-Ende, welches eine einfache Schicht wasserheller Zellen als Wurzelhaube bedeckte[1]). Da es mir nicht gelang, hinreichend zarte Schnitte durch die Keimachse zu gewinnen, so konnte ich mich nicht sicher überzeugen, ob ein centrales Cambiumbündel, in welchem später und wie Caspary nachgewiesen, von der Berührungsstelle des Radicula-Endes mit dem Gefäfsbündel der Nährpflanze aus, die ersten Gefäfse entstehen, schon jetzt, wie ich vermuthe, vorhanden ist. Eine Verzweigung der Keimachse habe ich, im Einklang mit Caspary, niemals gesehen. Bei einer späteren Wiederholung wollten dieselben Samen im Wasser nicht mehr keimen; dagegen bewahre ich noch jetzt mehrere Keimlinge von der ersten Aussaat.

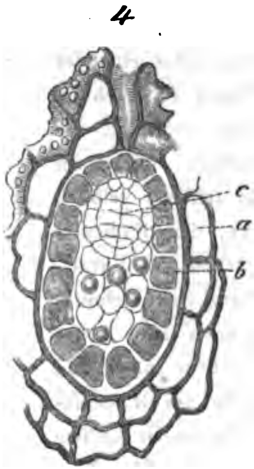
Ganz dieselben Fäden fand nun Caspary von verschiedener Länge in Berührung mit den Wurzeln der Nährpflanze, in deren Gewebe das Radicula-Ende des keimenden Schmarotzers eindrang und sich, an's Gefäfsbündel desselben gelangt, mit demselben organisch vereinigte, worauf an dieser Stelle die ersten Gefäfszellen entstanden und der Schmarotzer, an seiner Basis anschwellend, sein Gewebe mit Stärkmehl anfüllte. In dem zur kleinen Knolle angeschwollenen Körper bilden sich darauf die Anlagen zahlreicher Nebenwurzeln, und dann erst entstehen unter der bis dahin blattlosen, noch von der Samenschale bedeckten, Stammspitze die ersten Blattanlagen. — Die kleinen halbjährigen Pflanzen der Orobanche Hederae (Fig. 261—263) gleichen

---

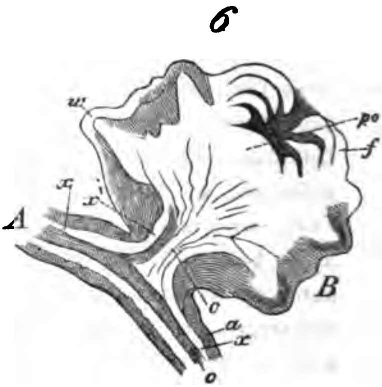
[1]) Caspary, dem die Keimung im Wasser nicht gelingen wollte, hat wahrscheinlich die Ueberreste dieser Zellen für »kleben gebliebene Reste des Endosperms« gehalten; nach ihm fehlt die Wurzelhaube.

auf dem Durchschnitt einer Knospe der Rafflesia en miniature (Fig. 264. p. 457), ihre Gefäfsbündel stehen mit denen der Nährpflanze in der unmittelbarsten Verbindung. Wenn die Wurzel der Nährpflanze ein

Fig. 261, 262 u. 263.







centrales Mark besitzt, so treffen Mark auf Mark, Cambium auf Cambium und Rinde auf Rinde. Die Gefäfsbündel verzweigen sich vielfach im Körper des Schmarotzers und verlieren sich unter dem flachen Vegetationskegel desselben, dieser erhebt sich dann später als Stamm mit achselständigen Blüthen. An einem Wurzelzweig der Nährpflanze

Fig. 261. *4* Längsschnitt durch einen reifen Samen der Orobanche ramosa, *a* die braungefärbten Zellen des einfachen Integuments, *b* die Zellen des Sameneiweifses, *c* der Keim. (Vergröfserung 160 mal.) (Nach Caspary hat die Samenschale nur eine Zellenreihe.)

Fig. 262. *5* Eine junge Wurzel von Hedera Helix (*A*), auf welcher der Same von Orobanche Hederae gekeimt hat. Die Keimpflanze (*B*) erscheint als kleiner gelber Körper. (Natürliche Gröfse.)

Fig. 263. *6* Längsschnitt durch die Keimpflanze der vorigen Figur. *A* Die Hederawurzel. *B* Der kleine Schmarotzer, *a* die Rinde, *c* das Mark, *x* das Cambium der Hederawurzel, *x'* das Cambium des Schmarotzers (*B*), *pv* der Vegetationskegel desselben, von Blattanlagen (*f*) umgeben, *w* Wurzelknospen, welche noch innerhalb der Rinde des Schmarotzers liegen. (Vergröfserung 8 mal.)

haften oft mehrere Parasiten. — Der Orobanche-Same bedarf somit zur Keimung der Nährpflanze nicht, für die erste Zeit ernährt ihn das Sameneiweifs, allein er kann sich nur mit Hülfe der Nährpflanze weiter ausbilden; meine im Wasser gezogenen Keimlinge gingen deshalb nach einigen Wochen, sowohl im Wasser als auch in feuchter Erde, zu Grunde. Nach Tittelbach keimen die Samen bald nach ihrer Aussaat in der Erde. Orobanche ramosa bewurzelt sich reichlich, allein ihre Wurzeln haben keine Wurzelhaare; dieselben bilden, wo sie auf eine Hanfwurzel treffen, ihrerseits wiederum Anschwellungen (Saugnäpfe), deren Spitze in derselben Weise, wie das Wurzelende der Keimpflanze, in das Gewebe der Hanfwurzel eindringt und sich mit ihr verbindet, wobei jedoch im Saugnapf die Gefäfse schon vorhanden sind und sich verlängernd unmittelbar an die Gefäfse der Nährpflanze legen.

In neuester Zeit hat Teysmann zu Buitenzorg auf Java den fast eben so kleinen und ähnlich gebauten Samen der Rafflesia Arnoldi zur Keimung gebracht, indem er selbigen in frische Einschnitte der Rinde einer Cissuswurzel streute und darauf mit etwas Erde und Blätter bedeckte. Die Wunde schlofs sich bald durch Ueberwallung und erst nach längerer Zeit erschienen in der Nähe des früheren Einschnittes kleine Rafflesien, von der Gröfse einer Erbse, die allmälig bis zur Gröfse eines Hühnereies angeschwollen sind und wahrscheinlich später zur Blüthe kommen werden[1]). Die Blüthen der Rafflesia brechen aus der Rinde hervor (Fig. 264).

Fig. 264.

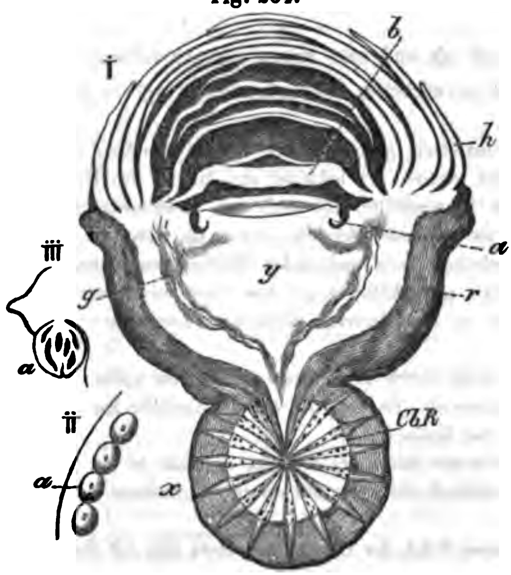
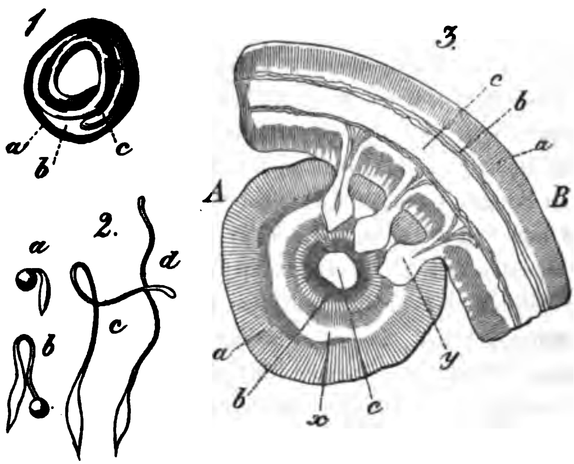


Fig. 264. Rafflesia Patma. I Querschnitt durch eine noch ziemlich junge männliche Knospe, im Zusammenhang mit ihrer Nährpflanze (x) (Cyssus verru-

[1]) C. Koch's Gartenzeitung 1857. No. 5. p. 36.

Bei Cuscuta epilinum liegt der Keim schon als aufgerollter langer Faden mit centralem Cambiumbündel im Sameneiweifs, zwei kleine Erhebungen am Plumula-Ende sind die Andeutungen der Samenlappen (Fig. 265—267). Der auf feuchte Erde ausgestreute Same keimt sehr

Fig. 265, 266 u. 267.



bald, der Faden rollt sich ab und sein etwas angeschwollenes Wurzelende, mit sehr schwach entwickelter Wurzelhaube, dringt in die Erde;

cosa); der Senker des Schmarotzers geht keilförmig fast bis zum Mark der Nährpflanze und die Rinde der letzteren (*r*) bekleidet ihn bis zu den Hüllblättern seiner Blüthe (*h*), deren Blumenblätter (*b*) noch fest zusammengeneigt sind, *a* die Antheren, welche als hängende Säckchen, etwas ins Gewebe eingesenkt, unter dem Rande der scheibenförmig endigenden Blüthenachse stehen, *g* die Gefäfsbündel der Rafflesia. II 4 Antheren (*a*) aus einer weiter entwickelten Knospe von oben gesehen. III Eine derartige Anthere im Längsschnitt. (Vergl. Bd. I. p. 305.)

Fig. 265. *1* Längsschnitt durch den Samen der Cuscuta epilinum, *a* die Samenschale, *b* das Sameneiweifs (Endosperm), *c* der aufgerollte Keim. (Vergröfserung 5 mal. Natürliche Gröfse.)

Fig. 266. *2* Der keimende Same der Cuscuta epilinum in verschiedenen Stadien; bei *a* und *b* entschlüpft der Keim mit seinem Wurzelende dem Samen. (Natürliche Gröfse.)

Fig. 267. *3* Ein kleines Stück der Cuscuta verrucosa (*B*) mit ihrer Nährpflanze (*A*), einer Cestrumart, verbunden. *B* Als Längsschnitt. *A* als Querschnitt, *a* die Rinde, *b* der Holzring, *c* das Mark, *x* der Cambiumring, *y* die Saugwurzel des Schmarotzers; *a*, *b* und *c* sind für *A* und *B* gleichbedeutend. (Vergröfserung 5 mal.)

allein sobald das Sameneiweifs verzehrt ist, vertrocknet das keimende Pflänzchen. Nur wenn eine Nährpflanze dem keimenden Schmarotzer zur Hülfe kommt und er, dieselbe umschlingend, Saugwurzeln in ihr Gewebe schicken kann, wächst derselbe weiter, während seine Hauptwurzel abstirbt. Die Blätter der Cuscuta sind nur als kleine Schuppen ausgebildet. Auch dieser Schmarotzer keimt demnach ohne Zuthun einer Nährpflanze, er kann sich aber nur mit Hülfe der letzteren weiter ausbilden und erhalten. Dasselbe wird für alle wahren Schmarotzergewächse ohne Ausnahme gelten (Viscum [1]) p. 447).

Die Keimung der Orchideen, mit kugelförmigem Embryo ohne Sameneiweifs, hat künstlich grofse Schwierigkeiten, dagegen findet man im Freien häufig junge Samenpflanzen. Die ersten Stadien der Keimung waren lange unbekannt. Hofmeister hat sie bei Sobralia macrantha verfolgt und ich habe dieselben bei einer Pleurothallis-Art beobachtet [2]). Meine Keimpflanzen gingen leider nach der Bildung des ersten Blattes zu Grunde; Prillieux und Rivière haben dagegen aus Samen junge Pflanzen erzogen. Bei Pleurothallis bestehen die ersten Zeichen der beginnenden Keimung in einer Zellenvermehrung der unteren, dem Knospenmunde gegenüber liegenden, Region, welche dem Plumula-Ende anderer Embryonen entspricht. Die neu entstandenen Zellen werden durch Chlorophyllbildung grün gefärbt, ihre Vermehrung dauert fort, während am Radicula-Ende, das durch die Ueberreste des Zellenstieles (p. 394) im freigelegten Embryo so recht erkennbar ist, weder neue Zellen noch Blattgrün gebildet werden. Das erste Blatt schiebt sich als wulstartiger Halbkreis unter dem flach gewölbten Vegetationskegel hervor. — Auch Hofmeister [3]) sah die Bildung der Blätter unter dem Vegetationskegel. Nach Prillieux und Rivière dagegen wächst der Embryo gleichfalls nur an seinem von der Micropyle weggewendeten Ende, indem sich hier die Zellen vermehren und durchbricht darauf, zu einem kreiselförmigen Körper geworden, die

[1]) Auch die übrigen unter 1 *a* aufgeführten Pflanzen sind, Monotropa ausgenommen, Schmarotzer. Diese dagegen lebt als entwickelte Pflanze durchaus selbstständig, allein ihre Keimung ist unbekannt und wäre es möglich, dafs sie gleich der Lathraea squamaria, die auch später selbstständig fortdauern kann, anfänglich ein Schmarotzerleben führte. (?)

[2]) Im December 1853. Die Samen waren von Herrn O. Göring im Orchideenhause des königl. botanischen Gartens zu Berlin auf nassem Torf ausgestreut. Die Bildung von Conferven veranlafste später den Untergang der Keimpflanzen. Auch Link hat die Keimung der Orchideen beschrieben.

[3]) Botanische Zeitung 1857. p. 633.

Samenschale. Am oberen Theile desselben entstehen jetzt 2 oder 3 Knöspchen, deren Stellung unbestimmt ist und welche die genannten

Fig. 268.

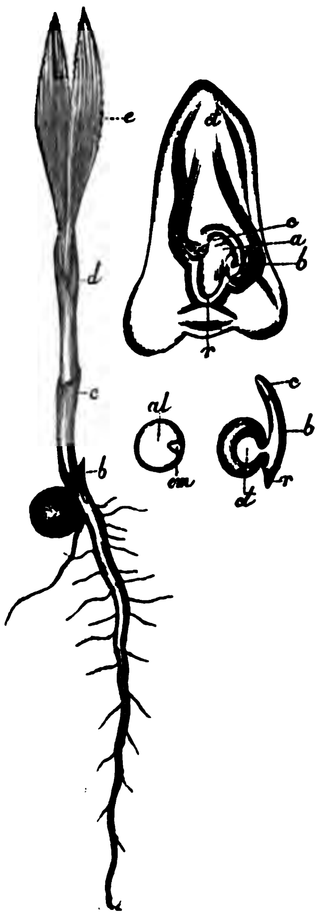


Fig. 269.

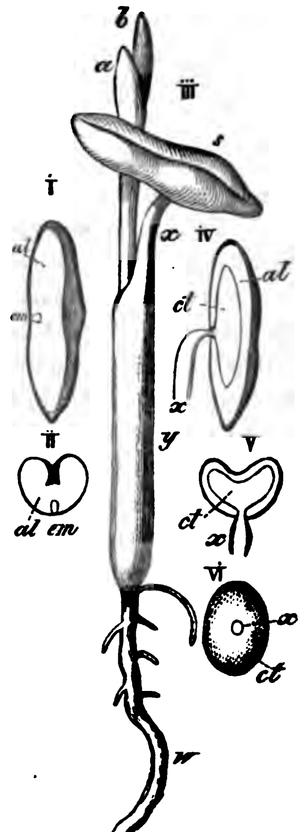


Fig. 268. Der kugelige Same der Chamaedorea durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergröſsert), der Cotyledon ist schon mit Cambiumbündeln versehen; endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat. *a* Der Vegetationspunkt der Stammknospe, *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt, *al* das Sameneiweiſs, *ct* der Samenlappen, *em* der Keim.

Fig. 269. Phönix dactylifera. I und II Der Same vor der Keimung im Längs- und Querschnitt, *em* der Embryo, *al* das Sameneiweiſs. III Die kei-

Herren für Nebenknospen halten. Eine dieser Knospen wächst aus und bildet schuppenförmige Blätter, aber auch die zweite Knospe kann bisweilen später einen Stamm entwickeln. Die erste Nebenwurzel tritt auf gleicher Höhe mit dem zweiten Blatte aus dem Laubstengel hervor. Mit Recht bezweifelt Irmisch[1]) den Mangel der Terminalknospe an der Keimpflanze der Orchideen; Hofmeister sowohl als auch ich haben dieselbe und die Bildung der Blätter unter ihr beobachtet; es wäre aber möglich, dafs diese ersten Blätter bei Angraceum sehr rudimentär verbleiben und dadurch übersehen wurden; die Knospen würden demnach keine Nebenknospen, sondern Terminal- und Achselknospe sein.

Bei der Keimung der monocotyledonen Embryonen mit Sameneiweifs (Endosperm) tritt bald nach der Wurzel, indem sich der Basaltheil des einzigen Samenlappens verlängert, auch der Vegetationskegel der Stammknospe aus dem Knospenmund des Samens hervor, während der Samenlappen selbst im Sameneiweifs bleibt und dasselbe in der schon beschriebenen Weise verzehrt. Ist die Verlängerung des Basaltheiles des stengelumfassenden Samenlappens nur unbedeutend, so erhebt sich der Stamm dicht am Samen bei Chamaedorea (Fig. 268), Triticum (Fig. 271. p. 462) und den Gramineen überhaupt, wird sie dagegen bedeutend, so entfernt sich die Ursprungsstelle des Stammes vom Samen und die Keimachse wird entweder durch diese Verlängerung des Basaltheils des Samenlappens in die Erde versenkt, wie bei vielen hochstämmigen Palmen (Phoenix dactylifera) (Fig. 269), oder der Same wird von einem längeren Stiel über den Boden emporgehoben (Gladiolus, Amaryllis (Fig. 270). Bei der Keimung der Palmen (Phoenix, Chamaedorea und nach Karsten auch bei Iriartea), desgleichen der Dracaena Draco und des Lolium speciosum erscheint zuerst nur eine Nebenwurzel, die aber auch bei den Palmen nicht als Pfahlwurzel gelten kann, da sie nicht unmittelbar aus dem Radicula-Ende der

mende Pflanze, *s* der Same, *x* die Verlängerung des Samenlappens, *y* der scheidenförmige, stengelumfassende Theil des letzteren, *a* und *b* die ersten Blätter der Keimpflanze, *w* die scheinbare Pfahlwurzel der Keimpflanze. IV und V Der Same im Längs- und Querschnitt aus diesem Stadio der Keimung, *ct* der Theil des Samenlappens, welcher die Aufsaugung des Sameneiweifses (*al*) besorgt, *x* der stielartig hervortretende Theil des Samenlappens. VI Der schildförmig gewordene, im Samen verbleibende, Theil des Samenlappens (*ct*) der vorigen Figuren freigelegt, *x* die Basis des stielförmigen Theiles von oben gesehen.

[1]) Irmisch, Biologie und Morphologie der Orchideen. Taf. VI. Fig. 49.

Keimachse hervorgeht, sondern sich im Gewebe desselben bildet und selbiges durchbricht. Triticum fastuosum (Fig. 271) und Amaryllis longifolia (Fig. 270) dagegen keimen mit mehreren Nebenwurzeln. In der Regel sind unter der Plumula des reifen Samens schon vor der Keimung mehrere Blätter angelegt (bei den Gräsern, Palmen und Dracaena). Der Basaltheil der Cotyledonen umfafst bei der Keimung als scheidenförmige Röhre die ersten Blätter, welche aus einem Spalt an der Spitze desselben hervorbrechen. Bei den Gramineen ist das erste, bei einigen Palmen sind mehrere Blätter scheidenartig. Der Stamm der Keimpflanze kann sich darauf als Achse mit verkürzten oder verlängerten Stengelgliedern, demnach als Zwiebel oder als schlanker Stamm, ausbilden.

Fig. 270.

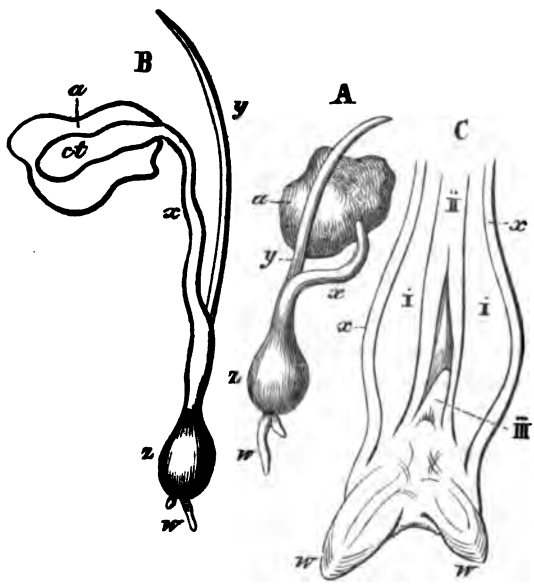


Fig. 271.

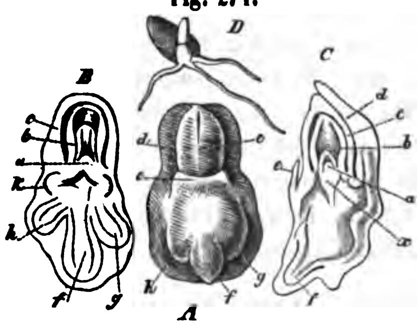


Fig. 270. Keimung der Amaryllis longifolia. *A* Ein keimender Same, *a* der eiweifshaltige Same, *x* die Verlängerung des Samenlappens, *z* die junge Zwiebel, *y* die ersten Blätter derselben, *w* Nebenwurzeln. *B* Eine ähnliche Keimpflanze, wo der Same durchschnitten ist, *a* das Sameneiweifs, *ct* der Samenlappen. *C* Längsschnitt durch die junge Zwiebel (4mal vergröfsert), *x* der Scheidentheil des Samenlappens, *I*, *II* und *III* die 3 ersten Blätter, welche durch ihre Anschwellung die junge Zwiebel bilden, während solche beim Gladiolus (Fig. 93. p. 20) durch die Anschwellung des Stammtheiles entstanden ist.

Der monocotyledone Embryo, welcher kein Endosperm, wohl aber Perisperm besitzt, keimt in ähnlicher Weise, indem das letztere hier die Stelle des ersteren vertritt. Strelitzia Augusta keimt mit einer Nebenwurzel, der Basaltheil des Samenlappens verlängert sich nur wenig; ihre Keimung entspricht den Gräsern und der Chamaedorea.

Die ersten Blätter der monocotyledonen Keimpflanze bleiben in der Regel unentwickelt, bei Chamaedorea wird erst das vierte Blatt zum Wedel, bei Strelitzia nähert sich dagegen schon das dritte Blatt der Gestalt seiner späteren Blätter, allein die Keimpflanze braucht viele Jahre bis sie zur Bildung der vollkommen ausgewachsenen Riesenblätter, desgleichen zur Blüthe gelangt.

Diejenigen Dicotyledonen, deren Samenlappen im Samen verbleiben, schicken, wenn ein Sameneiweifs (Endosperm) vorhanden ist, bald nach der Pfahlwurzel ihre Plumula hervor; nur bei den Nymphaeaceen unterbleibt, nach Trécul, die Bildung der ersteren, und die sich beim Keimen verlängernde Stammknospe tritt als längerer (Nelumbium) oder kürzerer (Victoria) Stiel aus dem geborstenen Samen hervor, während unter der Plumula Blätter und unter der Ansatzstelle derselben Nebenwurzeln entstehen; die Keimung dieser Pflanze entspricht, obschon zwei Samenlappen vorhanden sind, im Allgemeinen dem monocotyledonen Typus, sie erinnert an Zostera[1]), wo die Verlängerung des schildförmigen Samenlappens, durch den die junge Pflanze aus dem Samen hervortritt, mehr einer Achse als dem Basaltheil eines Blattes gleicht; unter der Terminalknospe (Plumula) liegt hier das Keimlager (Grönland Fig. 38 *a*). Die Nymphaeaceen besitzen ein doppeltes Sameneiweifs (Endosperm und Perisperm).

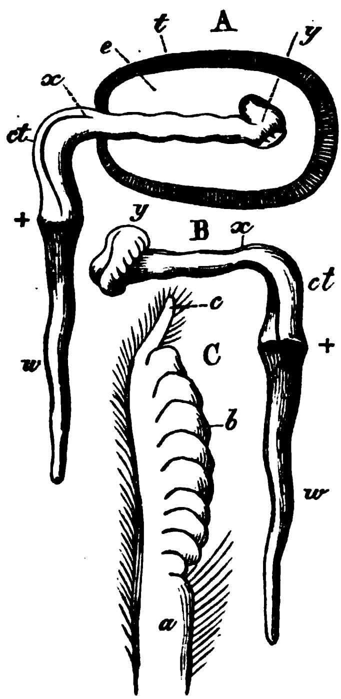
Fig. 271. *A* Der Keim eines Grassamens (Triticum fastuosum) von oben gesehen. *B* Als Längsschnitt von oben. *C* Als Längsschnitt von der Seite, *a* der Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula), unter welcher schon 3 Blätter entstanden sind, *c* das erste dieser Blätter (welches auf dem Querschnitt nur 2 Gefäfsbündel zeigt), aus dessen Spalte beim Keimen der junge Halm hervortritt, und welches als Scheide am Grunde verbleibt, *b* das zweite Blatt, welches sich gleich den folgenden vollständig ausbildet, *d* der Samenlappen, *e* ein Theil desselben, aus welchem *c* hervortritt, *f*, *g*, *h*, *k* Nebenwurzeln, *x* das Keimlager unter dem Vegetationskegel (10mal vergröfsert). *D* Ein keimendes Samenkorn; die Nebenwurzeln *f*, *g*, *h* sind schon hervorgetreten.

[1]) Grönland, botanische Zeitung 1851. Taf. IV. Fig. 38. und Hofmeister, botanische Zeitung 1852. Taf. III. Fig. 36 und 37.

— Bei Araucaria brasiliensis, mit zwei langen halbwalzenförmigen Samenlappen, tritt durch eine mäfsige Verlängerung des Basaltheiles derselben die Keimachse, zuerst ihre Pfahlwurzel entwickelnd, hervor, und bald darauf erhebt sich zwischen den beiden Samenlappen auch die Plumula zu einem mit grünen Blättern dicht besetzten Stamme. Anfang Mai beginnt die Keimung und schon im Juni bildet die Keimpflanze ihre beiden ersten Seitenzweige, während im August ein zweiter, meistens dreigliederiger, Zweigwirtel entsteht. Die Samenlappen sind nunmehr abgestorben und die sehr tief gehende Pfahlwurzel hat reichlich Seitenwurzeln gebildet.

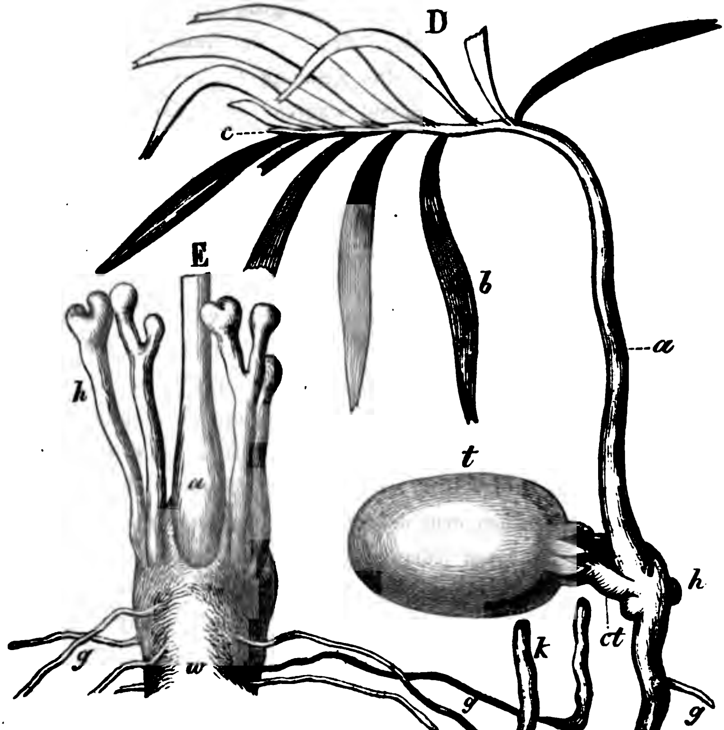
Aehnlich keimen auch die Cycadeen mit zwei an ihrer Spitze verwachsenen Samenlappen, denn auch hier tritt die Keimachse durch eine mäfsige Verlängerung des Basaltheiles der Samenlappen aus der Micropyle des Samens hervor; die Radicula verlängert sich zuerst als Pfahlwurzel, und unter der Plumula, welche sich kaum erhebt, entsteht das erste ausgebildete Blatt (Wedel) neben einigen schuppenartigen Blättern, welche den Knospenschuppen entsprechen (Zamia muricata)[1]) und bei Zamia spiralis zu fehlen scheinen. Das Ende des längeren Samenlappens, mit dem kürzeren (p. 94) verwachsen, hat bei Zamia spiralis die Gestalt eines jungen Wedels, es verbleibt aber dennoch für immer im Samen, wird also niemals zum wirklichen Wedel ausgebildet. Schon zeitig erscheinen die ersten Anlagen der Luftwurzeln, welche im zweiten Lebensjahre, wo der zweite Wedel entsteht, senkrecht in die Höhe wachsen (Fig. 272 u. Fig. 273), während der Same noch durch die Keimblätter mit der Pflanze verbunden ist.

Fig. 272.



[1]) H. Karsten über Zamia muricata. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1857. Taf. II. und III.

Fig. 273.



Auch Viscum gehört unter diese Abtheilung, indem seine Samenlappen niemals eine weitere Ausbildung erlangen und der Same erst im zweiten Jahre abgestreift wird. Das Radicula-Ende der Keimachse, ohne eigentliche Wurzelhaube, aber mit einem kleinzelligen

Fig. 272. Keimung von Zamia spiralis. *A* Der Same ist der Länge nach durchschnitten, *t* der innere holzige Theil der Samenschale, *e* das Sameneiweifs. Die beiden Samenlappen (*ct*) des Keimlings sind bei *x* miteinander verwachsen; nur e i n e r derselben ist an seinem Ende (*y*) einem jungen Wedel gleich ausgebildet. Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel (*w*) ist mit + bezeichnet. *B* Die Keimpflanze freigelegt. Die Bezeichnung wie bei *A* (beide Figuren in natürlicher Gröfse). *C* Ein ganz junger Wedel 8 mal vergröfsert, *a* der Wedelstiel, *b* die Fiederblätter, *c* das Ende des Wedelstiels.

Fig. 273. Keimpflanze von Zamia spiralis. *D* 6 Monate alt, *t* der Same mit der holzigen Umhüllung des inneren Theiles seiner Samenschale, deren

Gewebe, welches dieselbe vertritt und den Vegetationskegel der Wurzel bedeckt, versehen, tritt als walzenförmiger, grün gefärbter Faden aus dem Sameneiweifs hervor und legt sich an die Rinde des Zweiges, auf welchem der Same haftet. Die Keimung beginnt im Mai, das Wurzelende der Keimachse schwillt während des Sommers zu einer kleinen auf der Rinde haftenden Scheibe an, aber erst im Herbst dringt die Wurzel in die jugendliche Rinde der Nährpflanze. Die Mehrzahl der Keimpflanzen stirbt während des Winters oder im nächsten Frühjahr ab und nur solche, welche auf einem jungen, noch borkenlosen Zweige keimten, oder in eine Borkenritze kamen und so das lebendige Gewebe der Rinde erreichen konnten, wachsen im anderen Frühjahr weiter (Bd. I. p. 419). Die bis dahin niederliegende Keimachse erhebt sich nunmehr, beide Samenlappen vergröfsern sich nicht, sie bleiben schuppenförmig; dagegen entstehen, mit ihnen abwechselnd, die beiden ersten wirklichen Laubblätter der Mistel. Im dritten Jahre kommt ein zweites Stengelglied mit zwei Laubblättern und im vierten Jahre erheben sich neben dem dritten verlängerten Stengelgliede noch zwei Seitenzweige[1]), deren jeder, gleich dem aus der Endknospe entstandenen Zweige, Laubblätter trägt (Fig. 274—278). Von da ab befolgt die Mistel den ihr eigenthümlichen Gang der Verzweigung (Fig. 125. p. 89). Die Wurzel der Mistel verläuft nun, sich vielfach theilend, im Parenchym der Rinde und schickt da, wo der Holzkörper der Nährpflanze Markstrahlen bilden sollte, Senker ab, welche durch den Cambiumring der Nährpflanze mit dem Holzring des letzteren wachsen (p. 156).

Die **dicotyledonen** Embryonen, deren **Samenlappen** im **Samen bleiben** und die **kein Endosperm** zu verzehren haben,

äufserer saftiger Theil bereits verloren gegangen ist, *ct* der freie Theil der mit einander verwachsenen Samenlappen, *a* der Stiel des ersten Wedels, *b* dessen Fiederblätter, *c* das Ende des Wedelstiels, *h* die Anlage zu den später nach oben wachsenden Luftwurzeln, *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel *w*. *E* Partie derselben Keimpflanze, ein Jahr später, *a* der Wedelstiel, *h* die aufwärts wachsenden Luftwurzeln, *g* Seitenwurzeln der Pfahlwurzel *w*, welche zum Theil wieder einen nach oben wachsenden Theil (*k*) entsenden, während ein anderer (*l*) nach abwärts steigt. (Natürliche Gröfse.)

[1]) In meinen Beiträgen zur Anatomie u. s. w. habe ich, weil mir damals die jüngste Keimpflanze fehlte, die dreijährige Pflanze für zweijährig, die vierjährige aber für dreijährig gehalten. Gümbel's Angaben hierüber sind durchaus richtig.

Fig. 274, 275, 276, 277 u. 278.

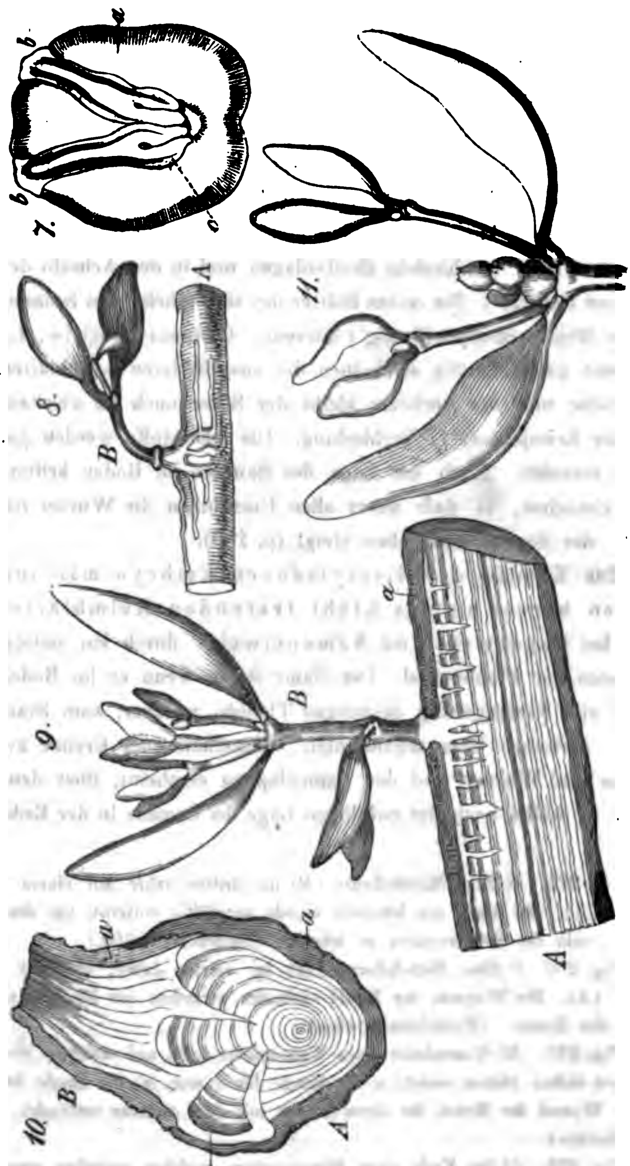


Fig. 274. *7* **Längsschnitt durch den reifen Samen der Mistel,** *a* **das Sameneiweiſs,** *b* **und** *b* **zwei Keime,** *c* **ein Samenlappen derselben. (Vergr. 8mal.)**

besitzen sämmtlich fleischige Samenlappen, in welchen massenhaft Nährstoffe aufgespeichert sind. Durch eine Verlängerung des Basaltheils der beiden Keimblätter tritt auch hier die Keimachse hervor, ihre Radicula verlängert sich zuerst als Pfahlwurzel, sie dringt in den Boden und bald darauf erhebt sich auch die Plumula. Unter ihr sind nur in seltenen Fällen schon vorher Blätter angelegt (bei Persea gratissima, Tropaeolum und bei der Wallnufs, wo die Stammanlage schon vor der Keimung einen längeren Kegel bildet, der in zwei sich gegenüber stehenden Reihen zahlreiche Blattanlagen und in den Achseln derselben Knospen besitzt)[1]). Die ersten Blätter des sich erhebenden Stammes sind in der Regel schuppenförmig (Quercus, Castanea, Juglans, Laurus), und erst ganz allmälig erscheinen die ausgebildeten Laubblätter. Bei der Eiche und der Lorbeere bleibt der Same noch im zweiten Jahre mit der Keimpflanze in Verbindung. Die Nährstoffe werden ganz allmälig verzehrt. Nach der Lage des Samens im Boden krümmt sich die Keimachse, so dafs unter allen Umständen die Wurzel nach abwärts, der Stamm nach oben steigt (p. 150).

Die Keimung des dicotyledonen Embryo mit aus dem Samen hervor an das Licht tretenden Keimblättern erfolgt bei Gegenwart von Sameneiweifs durch ein zeitiges Hervortreten der Pfahlwurzel. Der Same wird, wenn er im Boden liegt, durch eine Verlängerung desjenigen Theiles, welcher, zum Stamm gehörig, zwischen dem sogenannten Wurzelhals (der Grenze zwischen Stamm und Wurzel) und den Samenlappen erscheint, über den Boden gehoben, wobei nach der zufälligen Lage des Samens in der Erde dieser

Fig. 275. *8* Eine Mistelpflanze (*B*) im dritten Jahre auf einem Tannenzweige (*A*). Die Rinde des letzteren wurde sorgfältig entfernt, um den Verlauf der Wurzeln des Schmarotzers zu zeigen. (Natürliche Gröfse.)

Fig. 276. *9* Eine Mistelpflanze (*B*) im vierten Jahre, ebenfalls auf der Tanne (*A*). Die Wurzeln der Mistel verlaufen zwischen der Rinde *a* und dem Holze der Tanne. (Natürliche Gröfse.)

Fig. 277. *10* Querschnitt eines Tannenastes (*A*), auf welchem eine Mistel (*B*) seit sieben Jahren nistet; *a* die Rinde der Tanne, *a'* die Rinde der Mistel, *y* eine Wurzel der Mistel, die einen Senker mit dem anderen verbindet. (Natürliche Gröfse.)

Fig. 278. *11* Das Ende eines Mistelzweiges, welcher zwischen zwei jungen Trieben drei junge Beeren angesetzt hat. (Natürliche Gröfse.)

---

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie p. 105.

Theil ursprünglich gerade oder gekrümmt ist (Fig. 279), sich aber auch dann erhebt und wenn sein Sameneiweifs verzehrt ist, durch Entfaltung und weitere Ausbildung seiner Samenlappen die Samenschale abstreift. Während sich die Keimblätter in der Regel flach ausbreiten und oftmals an Umfang und Dicke zunehmen, erhebt sich auch die Stammknospe, unter Bildung junger Blätter, welche in der Regel schon den Blättern der späteren Zweige entsprechen (bei Tilia und Coffea) (Fig. 280). — Die Keimung der Nadelhölzer erfolgt in ähnlicher Weise

Fig. 280.

Fig. 279.

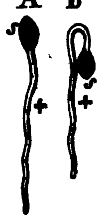




Fig. 279. Keimender Same von Picea vulgaris. *A* Bei richtiger Lage des Samens (*s*). *B* Bei verkehrter Lage des Samens, so dafs eine Umdrehung der Wurzel, welche anfänglich oben hervortrat, erfolgen mufste. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

Fig. 280. Keimung. I Tilia europaea. *A* Der Same im Längsschnitt, *a* die Achse des Keimes, *c* Samenlappen, *e* Sameneiweifs. *B* Der Keim aus dem Sameneiweifs herausgenommen. *C* Junge Keimpflanze mit gespaltenen Samenlappen. II Die Keimpflanze von Acer platanoides. III Die Keimpflanze von Ulmus campestris. + Die Grenze des Stammes und der Wurzel.

(Fig. 281), nur sind die späteren Erscheinungen am Stamme nach den Arten verschieden; die Tanne z. B. entwickelt im ersten Jahre nur einen Blattkreis (Fig. 91. p. 14), worauf ihre Endknospe Knospenschuppen bildet (Fig. 282) und sich mit anderen Worten frühzeitig schliefst (Fig. 91. p. 14). Die Fichte und die Kiefer dagegen treiben schon im ersten Jahre einen ziemlich langen, mit zahlreichen Nadeln besetzten Stamm (Fig. 86. p. 7). Diese Nadeln sind auch bei der Kiefer im ersten Jahre einfach und erst im zweiten Jahre entstehen die Doppelnadeln als verkürzte Zweige in der Achsel eines schuppenartigen, bald abfallenden Blattes (Fig. 121. p. 84). Die canarische Kiefer entwickelt erst im dritten oder vierten Jahre drei Nadeln innerhalb einer Scheide. — Sehr abweichend ist die Keimung der Ephedra (E. campylopoda), deren Keimblätter, nachdem die Keimachse zuerst

Fig. 281.

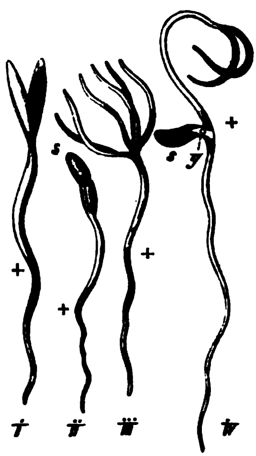


Fig. 282.

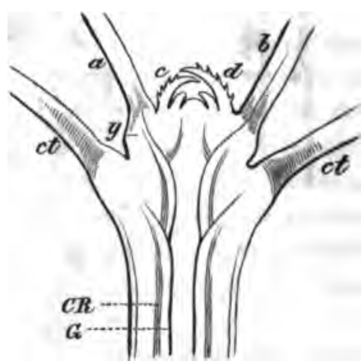


Fig. 281. i Keimpflanze von Thuja, ii u. iii Keimpflanze von Pinus silvestris, iv Keimpflanze von Ephedra. *s* der Same, welcher bei Thuja und Pinus über die Erde gehoben und wenn sein Sameneiweifs verbraucht ist, abgestreift wird (ii), bei Ephedra dagegen in der Erde verbleibt, obschon die beiden Samenlappen wie bei Thuja hervortreten. Der obere Theil des Sameneiweifses, welcher mit der Kernwarze (*y*) hervortritt, vermittelt bei Ephedra die Ernährung durch das Sameneiweifs. + Die Grenze zwischen Stamm und Wurzel.

Fig. 282. Abies pectinata. Längsschnitt durch die jährige Keimpflanze im Juni. *ct* Die Samenlappen, *a* u. *b* Blätter (Nadeln) des einzigen bald nach der Keimung entstandenen Blattkreises, *c* u. *d* Knospenschuppen der schon geschlossenen Endknospe, *CR* Cambiumring, *G* Gefäfsbündel. (Vergröfserung 16 mal.)

mit ihrer Pfahlwurzel hervorgetreten ist, sich gleichfalls aus dem noch nicht verzehrten Sameneiweifs, das mit dem Samen im Boden bleibt, erheben, wobei der obere Theil des letzteren, sammt der ihn bedeckenden Kernwarze als braunes vertrocknetes Mützchen, mit hervorgeschoben wird und an der Grenze zwischen Stamm und Wurzel verbleibt. Dieser oberen Theil des Endosperms, dessen saftige Zelle sich bedeutend verlängert haben, umschliefst jetzt die Basis der Keimachse und vermittelt damit die Ernährung derselben durch das Sameneiweifs (Fig. 281. IV.). Die Keimblätter der Nadelhölzer bleiben nach den Arten 1 — 3 Jahre an der Keimpflanze.

Bei Euphorbia canariensis wird, sobald das Sameneiweifs verzehrt ist, die Samenschale abgestreift, und erst darauf erhebt sich die Stammknospe unter Bildung abwechselnd zweigliederiger Blattwirtel. Einige Wochen später erkennt man schon die Anlage zum vierkantigen Stamm, der sich immer mehr ausdehnt und verlängert und so bald zu einer vierkantigen ziemlich dicken Säule wird, während der über der Erde befindliche Theil unterhalb der Samenlappen dünner und walzenförmig verbleibt. Die einjährige Pflanze auf dem Barrancos um Sa. Cruz de Tenerife hat einen bis 3 Zoll langen und $\frac{3}{4}$ — 1 Zoll starken vierkantigen Stamm, dessen Blätter schon die normale Gestalt (Fig. 148. p. 122) besitzen. Die Bildung der Zweige erfolgt erst nach mehreren Jahren. — Der Same der Coffea, dessen Embryo nur sehr kleine Samenlappen besitzt, vergröfsert dieselben nach Verzehrung des Sameneiweifses bedeutend, so dafs seine Keimpflanze, wenn der Same abgestreift ist, dem Keimling der Buche gleicht. — Bei der Anona bleibt die Samenschale in der Regel an dem ersten Blatt der Keimpflanze hängen.

Die dicotyledonen Embryonen, deren Samenlappen sich über die Erde erheben und denen kein Sameneiweifs zu verzehren bleibt, treten ebenfalls durch Verlängerung der Keimachse mit ihrer Pfahlwurzel zuerst hervor, ihre Keimblätter entfalten sich bald darauf, sie wachsen in der Regel noch bedeutend, werden grofs und grün und bleiben so lange an der Pflanze, bis die am Stammtheil entstandenen Laubblätter ausgebildet sind. In der Regel entsprechen die letzteren schon von Anfang an den nachherigen Laubblättern, doch sind die beiden ersten Blätter immer gegenständig, selbst wenn die folgenden einzeln stehen und Nebenblätter besitzen, welche dem ersten Blattpaare zu fehlen pflegen, oder wenigstens nur

angedeutet sind (Fagus, Betula, Alnus, Acer) (Fig. 280. II. p. 469). — Bei Opuntia Ficus indica werden die ursprünglich nur sehr kleinen Samenlappen grofs und fleischig und erst, wenn sie vollständig ausgebildet sind, erhebt sich der Vegetationskegel der Plumula, unter sich kleine Blätter bildend, zum fleischigen, flach gedrückten Stamm, der die Opuntia charakterisirt; dieser wächst noch im zweiten Jahre, vielleicht auch im dritten, an seiner Spitze weiter, bildet alsdann aber aus Achselknospen einen oder mehrere Zweige, die ihm ähnlich sind, womit das Längenwachsthum der Hauptachse abgeschlossen ist. Die Seitenzweige aber verlängern sich nur innerhalb einer Wachsthumsperiode. Der Stamm unter den Samenlappen bleibt dünner und walzenförmig, er entspricht im Bau der Wurzel, unterscheidet sich übrigens von ihr durch den Mangel der Wurzelhaare. Die Pfahlwurzel, welche nicht tief geht und bald abstirbt, entsendet sehr bald wagrecht kriechende Nebenwurzeln (Fig. 283). Die Keimung der Opuntia hat mit der Keimung der Euphorbia canariensis (p. 471) grofse Aehnlichkeit. — Die Keimpflanzen der Pereskia aculeata sind anfänglich von den Keimpflanzen der Opuntia gar nicht zu unterscheiden; sobald sich aber der Stamm zwischen den Samen-

Fig. 283.

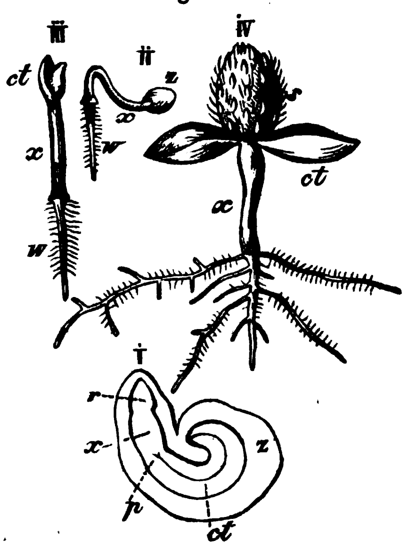


Fig. 283. Opuntia Ficus indica. I Der Same im Längsschnitt, *x* die Keimachse, *p* die Plumula oder Stammknospe derselben, *ct* die Samenlappen, *x* die Radicula oder die Wurzelknospe des Keimlings, *z* die sehr holzige Samenschale. (Vergröfserung 8 mal.) II Der keimende Same bei wagrechter Lage des letzteren in der Erde. III Etwas später, nachdem sich die Achse (*x*) aufgerichtet hat und die Samenschale (*z*) abgestreift ist; die abwärts gehende Pfahlwurzel ist die directe Verlängerung der Radicula. IV Eine Keimpflanze nach 3 Monaten. Ueber den nunmehr grofsen, saftigen Samenlappen hat sich der eigentliche Stamm (*s*) mit seinen kleinen, bald abfallenden Blättern gebildet. Die Pfahlwurzel hat wagrecht streichende Seitenwurzeln entsendet. Die stielrunde Achse (*x*) hat sich nicht verlängert und nur wenig verdickt, sie gleicht im Bau der Wurzel.

lappen erhebt und dessen Stengelglieder sich strecken und grofse fleischige Blätter entwickeln, ist die junge Pereskia unverkennbar. Die Samenlappen beider bleiben bis zum Anfange des zweiten Jahres.

Zu den wenigen dicotyledonen Pflanzen, welche mit einem Samenlappen keimen, gehört auch Cyclamen; der junge Embryo besteht aus einer ziemlich langen, walzenförmigen Keimachse mit einem noch längeren halb stengelumfassenden Blatte, dessen Ränder einwärts gerollt sind, dieselbe liegt nicht ganz centrisch im hornartigen Sameneiweifs, von einem zweiten Blatte ist keine Spur vorhanden. Beim Keimen tritt diese Keimachse, deren Radicula-Ende sich nicht unmittelbar zur Pfahlwurzel ausbildet, sondern in der Regel mehrere Nebenwurzeln ausschickt, aus dem Samen hervor, welcher noch längere Zeit die Blattfläche der Keimlappen umschliefst, während der Blattstiel sich bedeutend verlängert. Die Keimachse ist derweil zu einer kleinen Knolle angeschwollen, sie wächst kaum in die Länge, aber dehnt sich mehr und mehr in die Breite, so dafs sie im Alter die Gestalt eines Käses annimmt. Wenn der einzige Samenlappen endlich die Samenschale abgestreift hat, so entfaltet er sich und ist alsdann den später erscheinenden Blättern in allen Stücken

Fig. 284.

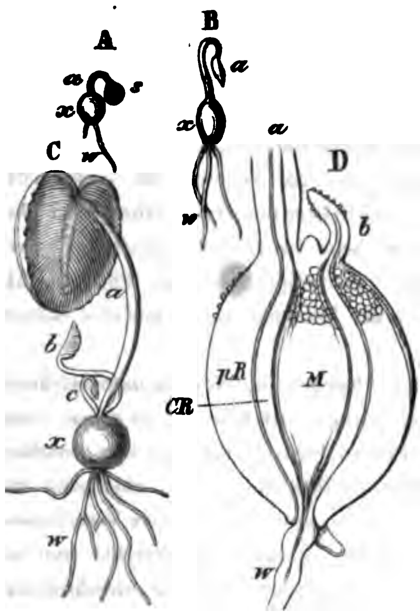


Fig. 284. Cyclamen europaeum. *A* Keimender Same, *s* die Samenschale, *a* der Blattstiel des Samenlappens, *x* die Achse der Keimpflanze, *w* Wurzeln. *B* Etwas ältere Keimpflanze. Die Bezeichnung wie vorhin. *C* Noch ältere Keimpflanze. Der Samenlappen *a* entspricht vollkommen den nachherigen Blättern *b* u. *c*. *D* Längendurchschnitt von *B*, *m* Mark, *cbR* Cambiumring, *pR* primäre Rinde, *a* Blattstiel des Samenlappens, *b* erstes Blatt, *w* Wurzel. (Vergröfserung 15 mal.)

gleich. Cyclamen ist die einzige mir bekannte dicotyledone Pflanze, welche mit Nebenwurzeln keimt und deren einziger Samenlappen dem Laubblatte durchaus gleich geformt und gebaut ist (Fig. 284)[1]. Eryobotrya japonica dagegen, welche angeblich in monocotyledoner Weise keimen soll, keimt in der Wirklichkeit mit einer richtigen Pfahlwurzel, ihr Keim ist überhaupt normal gebaut, allein nicht selten treten bald nach der Hauptwurzel eine oder mehrere fast eben so starke Nebenwurzeln hervor, welche diese Täuschung veranlafsten. Häufig bilden sich bei Eryobotrya auch, fast gleichzeitig, mehrere, bis 3, junge Stämme, die mit einander aus der gesprengten Samenschale hervortreten und wahrscheinlich aus den Achselknospen der beiden schon im Keim vorhandenen ersten Blätter entstanden sind.

Der Baobab (Adansonia digitata), dessen Same nur noch sehr schwache Ueberreste eines Endosperms besitzt, welches die hin- und hergebogenen, zerknitterten Samenlappen umgiebt, hat eine Keimpflanze, die an der Grenze des Stammes und der Wurzel, am Wurzelhals, knollenartig angeschwollen ist. Die Blätter des ersten Jahres sind einfach und erst im zweiten Jahre erscheint das zusammengesetzte Fingerblatt mit 7 Einzelblättern, wie überhaupt bei vielen Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern bei der Keimung zuerst einfache Blätter erscheinen.

Es konnte hier nicht meine Absicht sein, eine Zusammenstellung aller bis jetzt bekannten Erscheinungen der Keimung zu geben, denn 1. kann ich unmöglich Alles kennen, was hierüber in den verschiedenen Büchern und Zeitschriften veröffentlicht ist, 2. aber sind die Untersuchungen, welche wir über diese, sowie über andere Verhältnisse im Pflanzenleben besitzen, von sehr verschiedenem Werthe; nun ist es aber sehr gefährlich aus den Wahrnehmungen der verschiedenen Beobachter ein System zu bauen, weil hier der Grund, auf dem das Gebäude aufgeführt wird, nicht überall von gleicher Festigkeit ist. Ich habe deshalb aus meiner eigenen Erfahrung diejenigen Beispiele gewählt, welche mir besonders tauglich scheinen, um die verschiedenen Formen der Keimung nach dem Bau und der chemisch-physika-

1) Nach Treviranus (Bot. Ztg. 1848) ist der Keim der Pinguicula ähnlich gebaut; auch hier ist eine längere Keimachse und ein einziges Blatt vorhanden, welches nach seiner Entfaltung von den späteren Blättern nicht verschieden ist. Der Keim der Utricularia soll nach R. Brown, Bischoff und Nees sich ähnlich verhalten. Auch Trapa keimt mit einem Samenlappen (Hofmeister in Pringsheim's Jahrbücher Bd. I. p. 107).

lischen Beschaffenheit des Samens darzustellen. Irmisch hat nach dieser Seite hin sehr viel geleistet und wäre es sehr zu wünschen, dafs derselbe seine gesammelten Erfahrungen über die Keimung einmal übersichtlich mittheilen wollte. Die einzelne Beobachtung verliert sich unter der Masse, eine Zusammenstellung vieler Beobachtungen aber gewährt eine Einsicht in das Bildungsgesetz und seine Abweichungen nach den vorhandenen physikalischen Verhältnissen (nach der Structur und chemischen Zusammensetzung) des einzelnen Falles.

Die wesentlichen Eigenthümlichkeiten einer Pflanze zeigen sich schon bei der Keimung. Die Milchsaft führenden Gewächse (Euphorbia) haben, so wie die Keimpflanze den Samen verläfst, schon Milchsaftgefäfse; die Euphorbia canariensis entwickelt sofort ihren kantigen, die Opuntia Ficus indica dagegen ihren flach gedrückten, fleischigen Stamm, die Pereskia aber macht von Anfang an holzige verlängerte Stengelglieder. Die Keimpflanze der Erle bildet schon in den ersten Wochen an ihren Wurzeln knollenartige Anschwellungen (Fig. 157. p. 147). Nach der anderen Seite aber zeigt sich wieder ein allmäliges Aufsteigen mit der Kräftigung der jungen Pflanze, die ersten Blätter sind vielfach unentwickelt (p. 468) und bei Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern im ersten Jahre einfach; der Stammtrieb des ersten Jahres ist in der Regel kurz, er wird dagegen in den folgenden Jahren ganz allmälig immer kräftiger. Bei der einjährigen Pflanze geht alles schneller, die Entwickelungsperioden werden bei ihr viel rascher durchlaufen. Nur in sehr seltenen Fällen kommen mehrjährige Pflanzen schon im ersten Jahre zur Blüthe; so hat der Oberförster Benda auf einem Eichenpflanzbeet im Forstrevier Altenplatow 1854 eine einjährige Eiche gefunden, welche 4 nicht vollständig entwickelte Eicheln gebildet hatte[1]).

b) Die Fortpflanzung durch Knospen.

(Ungeschlechtliche Vermehrung.)

§. 87. Bei der Vermehrung durch Knospen hat man zu unterscheiden[2]):

---

[1]) Hanstein in der botanischen Zeitung 1855. p. 390.

[2]) Zur Literatur über die Vermehrung durch Knospen:

Irmisch, Hypocotyledonische Adventivknospen. Bot. Ztg. 1857. — Ders., Biologie und Morphologie der Orchideen und zahlreiche andere, in verschiedenen Zeitschriften zerstreute Aufsätze.

1. Knospen, welche sich als solche von der Mutterpflanze ablösen und für sich zu einer neuen selbstständigen Pflanze werden (Brutknospen).
2. Knospen, die am Stamme entstehen und, mit der Mutterpflanze längere oder kürzere Zeit in Verbindung bleibend, einen neuen Stamm bilden, der wenigstens zuerst unselbstständig ist, später aber häufig selbstständig wird oder werden kann (Stamm- oder Stockausschlag).
3. Knospen, die an der Wurzel entstehen und, mit ihr längere oder kürzere Zeit in Verbindung, einen neuen Stamm erzeugen, der gleichfalls später selbstständig werden kann (Wurzelausschlag).

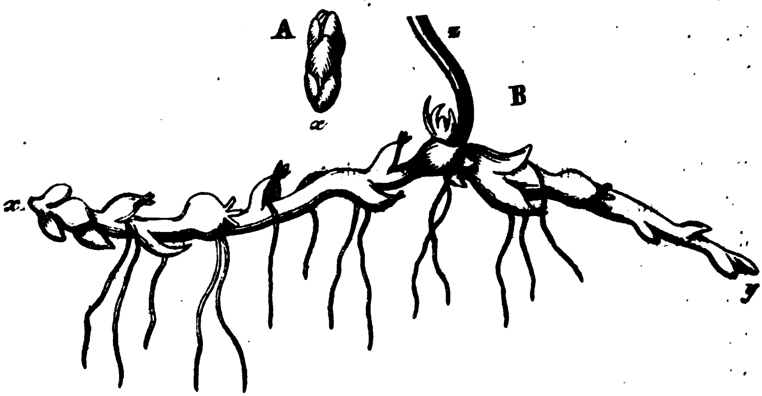
Die Brutknospen entstehen als Axillar- oder Adventivknospen, sie bilden sich demnach sowohl am Stamm als auch auf den Blättern, und lösen sich entweder frühe, im Zustande einer blattlosen Achse, häufiger aber als durch Knospenschuppen geschützter Stammanfang von ihrer Mutterpflanze. Nicht selten werden sie auch, z. B. bei den Brutknospen, welche auf den Farnkrautblättern erscheinen, als kleine schon mit ausgebildeten Blättern versehene Pflanzen frei. Das Blatt, auf dem sie wachsen, versieht alsdann den Dienst des Vorkeims, der auf geschlechtlichem Wege entstandenen Farnpflanze, denn in beiden Fällen wird die junge Pflanze erst frei, wenn sie sich selbst ernähren kann, demnach Wurzeln und Blätter gebildet hat. Die aus einer Brutknospe entstandene dicotyledone Pflanze hat natürlich niemals eine Pfahlwurzel. — Brutknospen, welche sich mit Knospenschuppen, aber ohne Laubblätter von der Mutterpflanze lösen, besitzt Dentaria bulbifera (Fig. 285 *A*). Diese können, durch die festen Knospenschuppen geschützt, gleich dem Samen der meisten Pflanzen im ruhenden Zustande überwintern; aus ihnen bildet sich dann später das wagrecht verlaufende Rhizom (Fig. 285 *B*). Hier, desgleichen bei Lilium bulbiferum

---

Hartig, T., Adventivknospen der Lenticellen. Bot. Ztg. 1853. p. 513. — Ders., Entwickelung der sogenannten Knospenwurzeln. Bot. Ztg. 1854. p. 1.
Münter, J., Eigenthümlichkeiten in der Vermehrung durch Knospen. Botanische Zeitung 1845.
Schacht, Fortpflanzung der deutschen Orchideen durch Knospen. S. Beiträge zur Anatomie u. s. w. p. 115—147.
Trécul, Recherches sur l'origine des bourgeons adventifs. Annal. des sciences. VIII. p. 38.
Treviranus, Hybernacula von Potamogeton und Hydrocharis. Bot. Ztg. 1857. p. 697.

und einigen Allium-Arten, ferner bei einigen Watsonien und Furcroya gigantea entstehen die Brutknospen in der Achsel eines Blattes, sie lösen sich, wahrscheinlich durch Bildung einer Korkschicht, mit glatter Fläche von der Mutterpflanze. Bei Furcroya erscheint regelmäfsig neben jeder Blüthe noch eine andere Knospe, die wenn die Blume abgefallen ist, sich als Brutknospe entwickelt. Die Blüthen dieser Pflanze, mit gut ausgebildetem Blüthenstaub und normalen Samenknospen, denen sogar die Keimkörperchen nicht fehlen, setzen niemals an, dagegen

Fig. 285.



kommt die Brutknospe fast in allen Fällen zur Ausbildung. Der bis 40 Fufs hohe Blüthenschaft (ein pyramidenförmiger, sich weit ausbreitender Blüthenstand), welcher in 6 Monaten seine volle Länge und Stärke erreicht, ist nach der Blüthe mit Brutknospen übersäet, welche noch ein volles Jahr auf ihm verbleiben und durch ihn ernährt werden. Als wallnufsgrofse Zwiebeln mit grünen Schuppenblättern fallen sie darauf im zweiten Jahre, meistens schon mit Wurzeln versehen, nach einander vom Blüthenstand und siedeln sich am Boden an. Viele Tausende junger Pflanzen erheben sich alsbald um die Mutterpflanze, die, wenn der Blüthenschaft aus der Endknospe hervorgegangen war, gleich der Agave americana allmälig abstirbt[1]). Diese dagegen, welche

Fig. 285. Dentaria bulbifera. *A* Eine Brutknospe, in der Achsel eines Blattes entstanden. *B* Der Wurzelstock aus einer solchen Brutknospe hervorgegangen, *x* die Basis derselben (vergleiche *A. x*) *y* die Endknospe, *z* der überirdische Trieb, aus einer Achselknospe dieses Wurzelstockes.

[1]) Die Furcroya blüht oftmals im 8. oder 9. Jahre aus der Endknospe, treibt indefs schon mehrere Jahre vorher aus Achselknospen kleine Blüthen-

reichlich Samen ansetzt, bildet, so weit ich beobachtet, keine Brutknospen.

Am unterirdischen Ausläufer des Epipogum Gmelini entstehen zahlreiche kleine stärkmehlhaltige, kugelige Achselknospen, die, wenn der saftige Ausläufer verfault, frei werden und sich selbstständig zu neuen Pflanzen entwickeln. Die kleinen, gleichfalls stärkmehlhaltigen, Brutknospen der Ranunculus Ficaria, welche, wenn die Mutterpflanze vergangen ist, oftmals in Menge bei einander liegen und die Sage vom Getreideregen veranlafst haben, sind an ähnlichen Ausläufern entstandene Achselknospen, welche noch überdies durch die Richtung ihres Vegetationskegels nach dem Anheftungspunkt interessant erscheinen[1]). Bei einigen Gagea-Arten sollen ähnlich gebaute Brutknospen vorkommen.

Auch die sogenannten Knollen der Orchideen sind, wenn man will, Brutknospen, denn sie trennen sich noch vor der Bildung ihres Blüthenschaftes aus der Endknospe von der Mutterpflanze, mit der sie durch den längeren oder kürzeren Basaltheil einer Nebenwurzel in Verbindung standen (Fig. 96. p. 23). Aus der Vereinigung einer Stammknospe mit einer Wurzelknospe hervorgegangen, sind sie die einzigen mir bekannten Brutknospen mit einem Wurzelende, das sich auch in vielen Fällen gleich der Radicula des dicotyledonen Keimes zur Pfahlwurzel ausbildet (bei Habenaria [Fig. 97. p. 24] und Gymnadenia), häufiger aber nicht weiter verlängert wird (Ophrys, Herminium) (Fig. 96. p. 23). — Die Zwiebelbrut der Zwiebelgewächse, welche aus Achselknospen in den Zwiebelschalen entstehen, gehört ebenfalls hierher (Fig. 93. p. 20 u. Fig. 100. p. 30). Die Trennung der Brutknospe von der Mutterpflanze kann früher oder später und auf verschiedene Weise, entweder durch ein Ablösen vermittelst einer vertrocknenden horizontalen Schicht, oder durch den Untergang des Mutterexemplars erfolgen; die Knospe selbst kann gleich dem Samen längere Zeit ruhen oder sofort auswachsen. Viele Wassergewächse unserer Breiten (Sagittaria, Hydrocharis, Potamogeton) überwintern durch Brutknospen, welche Treviranus deshalb sehr treffend Hibernacula genannt hat.

Der Stammausschlag erfolgt durch Knospenbildung am Stamm. Viele Orchideen (Cephalanthera, Epipactis, Cypripedium, Spiranthes,

---

stände, die, wenn die Endknospe zur Blüthe kommt, ebenfalls nicht fehlen (auf Madeira).

[1]) Oschatz, Ueber die Ursache des Getreideregens. Berlin 1848.



Bananen.

Rechts eine *Musa Cavendishi,* links eine *Musa sapientum,* mit einer einjährigen und einer zweijährigen aus Achselknospen des Wurzelstockes entstandenen Tochterpflanze.

Sturmia und Malaxis) vermehren sich auf diese Weise, nämlich durch Achselknospen, am Rhizom entstanden. Auch die Bananen-Arten vervielfältigen sich durch Achselknospen, die am unteren Theil des Stammes gebildet, sich bald selbst bewurzeln und als junge Stämme neben ihrem Mutterstamm emporwachsen, und später von ihm getrennt, zu selbstständigen Pflanzen werden. Selbst die Dattelpalme entwickelt auf ähnliche Weise um ihren Stamm reichlich junge Exemplare. Das Zuckerrohr wird durch Stockausschlag erzogen und zwar auf zweierlei Weise, entweder durch Zurücklassung des unteren Theiles der Pflanze im Boden, oder durch Stecklinge, wozu man den oberen Theil des nicht blühbaren Schaftes wählt und selbigen in geneigter Lage (etwa im Winkel von 45°) in den Boden steckt. Jede Achselknospe des Stecklings erhebt sich hier als neuer Schaft, welcher durch das Stammstück in der Erde mit eben so viel Schäften in Verbindung bleibt, als Knospen an demselben getrieben haben. Die zweite, auf Madeira gebräuchliche, Culturmethode soll vortheilhafter sein. — Die Weise, wie wir die Kartoffel bauen, gehört ebenfalls zur Vermehrung durch Stockausschlag, weil die Achselknospen eines zur Knolle angeschwollenen unterirdischen Stengels sich als neue Stämme erheben [1]). Das grofsartigste mir bekannte Beispiel eines Stockausschlages endlich liefert Persea indica. Im Walde von Agua Garica auf Tenerife findet man alte Stücke dieses Baumes, die, mit Moosen und Farnkräutern dicht bewachsen, keinen Stammüberresten, wohl aber Felsenblöcken gleichen und über 30 Fufs im Umfang haben; auf ihnen ruhen, aus Stockausschlag entstanden, in der Regel mehrere mächtige Stämme mit dicht belaubten Kronen, von einer noch gröfseren Zahl junger, kerzengrader Schüsse umgeben. Der Mutterstamm mufs sicher ein tausendjähriges Alter und darüber besitzen [2]).

Der Wurzelausschlag, durch Knospenbildung an der Wurzel, ist nicht weniger verbreitet. Die Espe (Populus tremula) wird durch ihn fast unausrottbar. Sogar die Schmarotzergewächse vermehren sich, unter Umständen, durch Wurzelausschlag. Die Cuscuta verrucosa bildet, wenn man ihre rankenden Zweige von der durch sie befallenen Nährpflanze reifst, so dafs die in selbige eingedrungenen Wurzeln unter der Rinde verbleiben, Anschwellungen, in welchen

[1]) Die Triebe der Kartoffelknolle entwickeln sich nur unter Abschlufs des Lichtes. (Mein Bericht über die Kartoffel und ihre Krankheiten p. 4).

[2]) Mein Bericht über Madeira und Tenerife. Taf. VI.

Nebenknospen entstehen, die als neue Zweige des Schmarotzers, und zwar nur selten einzeln, aus der Rinde hervorbrechen. Auch die Mistel (Viscum album) macht, wenn ihre Stämme vom Winde abgebrochen oder von den Menschen heruntergeschlagen wurden, aus der im Parenchym der Rinde der Nährpflanze fortwachsenden Wurzel eigenthümliche Anschwellungen, welche zuerst kleine kuppelförmige Erhebungen unter der Rinde bilden, darauf dieselbe durchbrechen, eine grüne Farbe annehmen und sich mit einer festen Oberhaut bekleiden. Im Gewebe dieser kleinen grünen Scheiben entstehen alsdann in der Regel mehrere Adventivknospen, welche als kleine Stämme mit zwei grünen Blättern hervortreten und, wenn sie einzeln stehen, leicht für zweijährige Keimpflanzen, mit denen sie die gröfste Aehnlichkeit haben, gehalten werden können. Oft bildet eine gerade streichende, etwa einen Fufs lange Mistelwurzel auf der Tanne, innerhalb kurzer Abstände eine ganze Reihe, durch Wurzelausschlag entstandener Pflanzen. Die Rafflesien möchten sich vielleicht ähnlich verhalten, da Zweige der Cissus verrucosa in der Regel reihenweise den Schmarotzer tragen.

Cycas revoluta scheint gleichfalls Wurzelausschlag zu bilden, doch bin ich nicht ganz sicher, ob die jungen Pflanzen, welche zahlreich den starken Mutterstamm umgeben (auf Madeira), aus Nebenknospen an der Wurzel, oder aus Achselknospen an unterirdischen Ausläufern entstanden sind. Die Anona-Arten lassen sich besser und sicherer aus eingegrabenen Wurzelstücken als durch Stammstecklinge vermehren. Die Batata (Convolvulus Batatas), deren Knollen, wie bei der Dahlia, Wurzelanschwellungen sind, lassen sich durch Stammstecklinge, aber auch durch diese Knollen, welche sehr leicht und zahlreich Nebenknospen bilden, fortpflanzen.

Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, dafs alle Gewächse, welche leicht Nebenknospen bilden, auch Stock- oder Wurzelausschlag erzeugen können; die Nadelhölzer, welche, mit wenigen Ausnahmen, sehr schwierig Nebenknospen erzeugen, lassen sich deshalb nur durch Samen fortpflanzen. Pinus canariensis und die amerikanischen Kiefern dagegen, welche leicht Nebenknospen hervorbringen, möchten sich auch durch Stock- und Wurzelausschlag, desgleichen durch Stecklinge vermehren lassen. Die Tanne bildet, wenn ihre Wurzeln frei liegen und überdies eine Verletzung erlitten haben, auf der Vernarbungsfläche bisweilen Nebenzweige, welche am Stamm unter ähnlichen Verhältnissen gleichfalls hervortreten. Der Stamm der canarischen Kiefer aber

ist nicht selten, zumal wenn er viele Aeste verloren hat, mit jungen, aus Nebenknospen entstandenen Zweigen vollständig bedeckt.

Durch Ableger und Stecklinge vermehrt man künstlich die Pflanzen und erhält auf diese Weise nicht allein die Art, sondern auch die Varietät. Stecklinge, auf den Stamm derselben oder einer verwandten Art gepflanzt, werden Pfropfreiser oder Edelreiser genannt, sie treten durch Verwachsung der lebendigen Theile mit einander zu dem Stamm, auf den sie gepfropft sind und den man Wildling nennt, in dasselbe Verhältnifs, welches die Mistel als Schmarotzerpflanze zu ihrem Nährstamm einnimmt. Dieselben bewahren, obschon theilweise durch den Saft des Wildlings ernährt, dennoch ihre Eigenthümlichkeiten, die sich bei den Obstbäumen bisweilen sogar in dem Grade der Stammverdickung zeigen, so dafs der aus dem Edelreis entstandene Theil sich stärker als der dem Wildling angehörige Theil verdickt, wodurch der betreffende Stamm einer maurischen Säule mit mächtigem Capital ähnlich erscheint, oder umgekehrt. Die Knospe, mit welcher man oculirt, kann als Brutknospe auf dem Wildling betrachtet werden (p. 78). Der Steckling macht im Boden seine eigenen Wurzeln, das Pfropfreis aber erhält durch die Wurzeln des Wildlings seine Nahrung.

Die Bananen mit efsbaren Früchten (Musa sapientum, paradisiaca und Cavendishi), welche bekanntlich niemals keimfähigen Samen bringen, vermehren sich selbst durch Stockausschlag und haben sich auf diese Weise seit der geschichtlichen Zeit vermehrt. Die Colocasia antiquorum, welche nur sehr selten blüht, wird auf Madeira durch Stecklinge gezogen, wozu der obere Theil der Pflanze verwendet wird, in gleicher Weise zieht man dort die Batate aus dem oberen Theil ihres rankenden Stammes. Der Feigenbaum wird gleichfalls auf Madeira, da seine Samen dort ohne Keime sind, nur durch Stecklinge fortgepflanzt, und unsere Weiden- und Pappelarten werden meistens auf dieselbe Weise vermehrt u. s. w.

Die Bildung über- und unterirdischer Ausläufer, durch welche sich viele Pflanzen vermehren, oder mit einander in Verbindung bleibend, wahre Colonieen bilden, ist aufserdem für die Morphologie und beschreibende Botanik, interessant, und für die Landwirthschaft (nach Hanstein[1]) für den Wiesenbau) wichtig; ich will nur an die Carex arenaria erinnern.

---

[1]) Hanstein, Ueber die Bedeutung unterirdischer Sprossen für das pflanzliche Leben. Flora 1857. p. 753—755.

Wie bei Entstehung der jungen Pflanze aus dem Samen, so sind auch bei der ungeschlechtlichen Vermehrung vielfach Nahrungsstoffe für die junge Pflanze aufgespeichert. Die Kartoffelknolle und die Batatenknolle, obschon verschiedenen Ursprunges, ernähren die aus ihnen hervorgegangenen jungen Pflanzen zuerst durch das in ihnen aufgespeicherte Stärkmehl, wie das Sameneiweifs den Keim des Getreides, oder der Samenlappen der Eiche und Kastanie ihre Keimachse ernähren, sie verschrumpfen und verfaulen, wenn die Nahrungsstoffe verzehrt sind, gleich den Samenlappen, wenn selbige nach Verlust ihrer Nahrungsstoffe, zum Haushalt der Pflanze überflüssig werden.

Wo die Samenbildung vorherrscht, da ist die ungeschlechtliche Vermehrung beschränkt; die Watsonia-Arten, welche auch Brutknospen bilden, geben nur sparsam keimfähige Samen. Die Coniferen im Allgemeinen vermehren sich nur auf geschlechtlichem Wege; die Bananen[1]) mit efsbaren Früchten dagegen und die Furcroya gigantea pflanzen sich nur durch Seitensprosse und Brutknospen fort.

XIX. Die Lebenserscheinungen der Gewächse.

Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich.

§. 88. Die Bewegungen im Pflanzenreich sind sowohl nach der Weise ihres Auftretens, als auch nach ihrer Ursache, wesentlich verschieden, allein es ist zur Zeit in vielen Fällen nicht möglich, die letztere mit der nöthigen Schärfe zu bestimmen und aus ihren Erfolgen nachzuweisen. Gestützt auf die freilich noch sehr mangelhafte Kenntnifs dieser Phänomene kann man 6 Arten der Bewegung unterscheiden.

1. Eine scheinbar willkürliche[2]) Bewegung, mit einer Ortsveränderung des ganzen Organismus verbunden, welche den Schwärmsporen der Algen (§. 61) und den aus einer Zelle bestehenden, sich langsam fortbewegenden Diatomeen, desgleichen den Schwärmfäden der Krypto-

---

[1]) Musa trogloditarum mit ungeniefsbarer Frucht bringt keimfähige Samen.

[2]) Von der wirklich willkürlichen, im Thierreich vorkommenden Bewegung, ist die nur scheinbar willkürliche des Pflanzenreiches bei einiger Aufmerksamkeit bald zu unterscheiden (p. 229).

gamen (p. 237) eigen, und deren Ursache noch gänzlich unbekannt ist; bei den Diatomeen scheinen sogar die Bewegungsorgane zu fehlen.

2. Die Ausdehnung eines Pflanzentheiles nach einer oder nach mehreren Richtungen des Raumes, den wir als Wachsthum bezeichnen und durch Bildung neuer Zellen an bestimmten Orten oder durch Ausdehnung schon vorhandener Zellen nach bestimmten Richtungen, oder durch beide Factoren gleichzeitig erklären und wohin das Längen- und Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel, desgleichen das Wachsthum der Blätter und der Blüthen zu rechnen ist.

3. Veränderungen in der Gestalt und im Zusammenhange eines Pflanzentheiles durch Zusammenziehung nach einer bestimmten Richtung als Folge des Austrocknens, wohin das Aufspringen der Kapselfrüchte u. s. w. gehört.

4. Veränderungen in der Stellung eines Pflanzentheiles durch den Einflufs des Lichtes hervorgerufen, wohin die Drehungserscheinungen nach der Quelle des Lichtes, zugleich aber auch die mit dem Wechsel des Tages und der Nacht in Verbindung stehenden periodischen Erscheinungen des sogenannten Wachens und Schlafens der Pflanzen gehören.

5. Veränderungen in der Stellung eines Pflanzentheiles, welche plötzlich durch äufsere mechanische Einflüsse veranlafst wurden; wohin die Bewegungserscheinungen der sogenannten Sinnespflanzen zu rechnen sind.

6. Veränderungen in der Stellung eines Pflanzentheiles, welche scheinbar nicht von äufseren Einflüssen abhängig sind; wohin die Bewegungen der zur Befruchtung wesentlichen Blüthentheile einiger Phanerogamen gehören.

Die Bewegungserscheinungen insgesammt sind vom inneren Bau und namentlich von der physikalischen Beschaffenheit der Zellen, desgleichen vom chemischen Procefs im Innern derselben abhängig. Mit Hülfe dieser Factoren lassen sich denn auch viele Bewegungserscheinungen, z. B. das Aufspringen der Früchte u. s. w., genügend erklären, allein für die scheinbar willkürlichen Bewegungen und die Erscheinungen der Reizbarkeit hat die Wissenschaft bis jetzt noch keine ausreichende Erklärung gefunden.

Die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich sind mehr oder weniger schon von Alters her bekannt. Plinius spricht schon über das Zusammenlegen der Blätter bei Trifolium und Linné bezeichnet, diese Erscheinungen in ihrer All-

gemeinheit auffassend, die nächtliche Stellung der Blätter als den Schlaf der Pflanzen; die verschiedene Tageszeit aber, in welcher sich die Blüthen bestimmter Gewächse öffnen, rief bei ihm den sinnreichen Gedanken einer Blüthenuhr hervor, welche freilich, da sie von der Intensität des Lichtes und der Wärme abhängig ist, als Zeitmesser unbrauchbar erscheint. — Mit den periodischen Bewegungen gewisser Pflanzen (dem sogenannten Schlaf derselben) haben sich näher eingehend zuerst Hill und de Candolle beschäftigt und gezeigt, dafs man durch künstliches Licht die Tagstellung auch zur Nachtzeit und umgekehrt durch Dunkelheit die Nachtstellung am Tage hervorrufen kann, wodurch der Einflufs des Lichtes auf diese Bewegungen hinreichend bewiesen ist. Bonnet dagegen glaubte, dafs nicht das Licht, sondern die Wärme die Tagstellung hervorriefe; er zeigte, dafs nicht eine Verkürzung durch Verdunstung der von der Sonne beschienenen Seite Ursache der Bewegung sein könne, weil selbige auch unter Wasser stattfindet. Senebier schreibt sie dagegen mit Recht den chemischen Einwirkungen des Lichtes zu und Dutrochet lehrte, dafs die verschiedene Turgescenz der Zellen die mechanische Ursache der Bewegungen sei und dafs selbige unter dem Einflufs der Endosmose stehe. Er zeigte ferner, dafs wenn man einen durch Lichteinwirkung gekrümmten Stengel spaltet, die dem Licht ausgesetzte Hälfte sich noch viel stärker krümmt, wogegen die andere Seite eine Biegung in entgegengesetzter Richtung ausführt. Die beiden Seiten des Stengels wirken hier demnach als Antagonisten, die Krümmung aber erfolgt nach der Seite der überwiegenden Kraft. Die vergleichenden anatomischen Angaben Dutrochet's sind dagegen weniger zu rühmen. Nach Gardner und nach Payer haben die blauen Strahlen des Spectrums den stärksten Einflufs auf die Bewegung der Pflanzen, was in der neuesten Zeit durch Sachs, welcher eine gründliche, oben näher zu besprechende, Untersuchung über die Blätter der Bohne und des Sauerklees geliefert, bestätigt worden. Der letztere sowohl als auch Raczinsky legen mit Recht besonderes Gewicht auf die anatomischen Verhältnisse derjenigen Partien, durch welche die Bewegung ausgeführt wird. — Ueber den Schlaf der Blumen haben wir eine gröfsere Abhandlung von Fritzsch, welcher zeigt, dafs aufser dem Licht auch die Wärme hier eine bedeutende Rolle spielt, desgleichen haben Göppert, Hoffmann und Andere sehr schätzenswerthe Untersuchungen über den Pflanzenschlaf geliefert und namentlich den der Nacht ähnlichen Einflufs der Sonnenfinsternifs auf die für Lichtreiz empfindlichen Gewächse ermittelt. — Lindsay zeigte zuerst (1790), dafs die Anschwellung am Blattstiel der Mimosa pudica das Bewegungsorgan vorstellt, und dafs die Turgescenz des oberen Theiles das Herabsinken des Blattstieles zur Nachtzeit bewirkt; und Dassen beobachtete, dafs nach Entfernung des unteren Theiles dieser Anschwellung das Blatt der Robinia Pseudacacia immer hängend, nach Entfernung des oberen Theiles dagegen immer in die Höhe gerichtet verbleibt, wonach auch hier die ungleiche Turgescenz sich gegenüber liegender Rindenschichten als die mechanische Ursache der Bewegung aufzufassen ist. Für die sogenannten Sinnespflanzen, welche (ob alle?) zu den Gewächsen mit veränderter nächtlicher Blätterlage gehören, verdanken wir namentlich Meyen und Brücke ausführliche Untersuchungen. — Die Schwärmsporen und Schwärmfäden der Kryptogamen endlich sind die Errungenschaften der neuesten Zeit (§. 57). Da man die verschiedenen, oben angeführten Arten der Bewegung im Pflanzenreich nicht immer auseinander gehalten, was auch in vielen Fällen, weil deren Ursachen oftmals nicht genügend hervortreten, sehr schwierig ist, so ist in dieser Lehre, deren ältere und neuere Literatur sehr angeschwollen ist, noch viel zu sichten. Ich werde mich aber, da ich bis jetzt nur wenig Gelegenheit hatte, mich mit den 3 letzten Aufgaben specieller zu beschäftigen, hier nur kurz und meistens referirend verhalten müssen.

Die Bewegungen der Algen-Schwärmsporen und der Schwärmfäden der Kryptogamen sind an den betreffenden

Orten weitläufig besprochen. Bei den letzteren sind, aufser einer Drehung um sich selbst, noch besondere Bewegungsorgane, schwingende Wimpern, welche auch den beweglichen Schwärmsporen zukommen, vorhanden, bei den Diatomeen aber, mit langsam, meistens stoffweise, vorschreitender Ortsbewegung, hat man bis jetzt keinen äufseren Be-

---

[1]) Zur Literatur über die Sensibilität und die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich:

Bonnet, Recherches sur l'usage des feuilles 1754.

Brücke, E, über die Bewegungen der Minosa pudica. Müller's Archiv 1848.

Clemens, F. W., die Wirkung des Aethers und Chlorophorms auf Menschen, Thiere und Pflanzen. Bern 1850.

Dassen, Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappy der Wetenschappen te Harlem. 1835. p. 309—346 und Tijdschrift voor natuurlijke Geschiedenis. 1837. IV. p. 106 u. 131.

de Candolle, Mémoire sur l'influence de la lumière artificielle sur les plantes. Mémoire des savants étrangers de l'Institut. Tom. I.

Dutrochet, l'agent immédiat du mouvement vital dévoilé dans la nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. Paris 1826.

Frankenheim, Sonnenfinsternifs und Pflanzenschlaf. Bot. Zeitg. 1851. p. 651.

Fritsch, K., Mehrjährige Beobachtungen über Pflanzen, deren Blumenkronen sich täglich öffnen und schliefsen. Abhandlungen der böhmischen Gesellschaft der Wissenschaft. Prag 1851. Bot. Zeitg. 1852. p. 895.

Göppert, über die Reizbarkeit der Staubfäden von Berberis vulg. Linnaea 1828. — Ders., Sonnenfinsternifs und Pflanzenschlaf. Bot. Zeitg. 1851. p. 652.

Hill, the sleep of plants and cause of motion in the sensitive plants. London 1757.

Hoffmann, H., Sonnenfinsternifs und Pflanzenschlaf. Bot. Zeitg. 1851. p. 649. — Ders., contractile Gebilde bei Blätterschwämmen. Bot. Zeitg. 1853. p. 857. — Ders., Untersuchungen über den Pflanzenschlaf. 1851.

Kützing, über die Gelenkpolster der Gräser. Bot. Zeitg. 1849. p. 625.

Milde, Reizbarkeit der Blätter von Drosera rotundifolia. Bot. Zeitg. 1852. p. 540.

Meyer, die Einwirkung der Sonnenfinsternifs vom 28. Juli auf die Pflanzenwelt. Bot. Zeitg. 1851. p. 382.

E. Meyer, über den Pflanzenschlaf. Königsberg 1834. Bot. Zeitg. 1851. p. 652.

Meyen, Pflanzenphysiologie. Bd. III. p. 473—562.

v. Mohl, H., über die Reizbarkeit der Blätter von Robinia. Vermischte Schriften p. 372. — Ders., vegetabilische Zelle. p. 134—151.

Morsch, Sonnenfinsternifs und Pflanzenschlaf. Bot. Zeitg. 1851. p. 657.

Müller, D., Reizbarkeit der Genitalien einiger Compositen. Botan. Zeitg. 1853. p. 789.

Pohl, über die Bewegungen des Hedysarum gyrans. Voigt's Magazin für Physik und Naturgeschichte. I. p. 502.

Raczynski, Sur quelques mouvements opérés par les plantes sous l'influence de la lumière. Moscou 1857.

Runge, über das Verhalten der Mimosa pudica gegen mechanische u. chemische Einwirkungen. Poggendorfs Annalen XXV. p. 334 u. s. w.

Sachs, Bewegungsorgane und periodische Bewegungen der Blätter von Phaseolus und Oxalis. Bot. Zeitg. 1857. p. 793.

Schnetzler, die Wirkungen des Sonnenlichtes auf die Blätter von Robinia Pseudacacia. Bibl. de Génève 1852. Bot. Zeitg. 1852. p. 614.

Tessier, Expériences propres à développer les effets de la lumière sur certaines plantes. Mémoire de l'académie de Sciences. Paris 1783.

Treviranus, Auffallend schädliche Wirkung des Sonnenlichtes auf die untere Blattseite. Bot. Zeitg. 1854. p. 785. Pflanzenphysiologie. Bd. II. p. 750.

wegungsapparat gefunden und ebenso läfst sich das pendelartige Schwingen der Oscillatoria-Fäden, welche aus einer einfachen Reihe platt gedrückter Zellen, von einer Hautscheide umgeben, bestehen, erklären. Die Bewegung der Wimperfäden des Pflanzenreiches hat mit der Bewegung der Fäden des Flimmerepitheliums im Thierreich grofse Aehnlichkeit, auch hat Schenk[1]) ganz neuerlich contractile, amöbenartig sich bewegende Zellen im Pflanzenreiche nachgewiesen.

Der Ortsveränderung eines bestimmten Theiles eines für sich nicht beweglichen Pflanzenexemplars durch das Wachsthum ist ebenfalls an den betreffenden Orten gedacht. Am Stamm und an der Wurzel geht das Fortschreiten von der Spitze aus, diese verlängert sich durch Bildung neuer Zellen und Ausdehnung der schon vorhandenen. Das Wachsthum kann stätig, aber auch mit periodischen Unterbrechungen erfolgen, worauf die Bildung der Jahresringe im Holz unserer Bäume beruht. Die bekannten Ortsveränderungen eines Pflanzentheiles durch das Wachsthum, auf welche ich hier nicht näher eingehen kann, richten sich nach der Lage und Weise der sich vermehrenden und ausdehnenden Zellen (§. 11). — Der bestäubte Fruchtknoten von Arachis hypogaea wird durch die sehr bedeutende Verlängerung des Blüthenstieles der ursprünglich sitzenden Blüthe in die Erde geführt, um dort seine Samen (1—2) zu reifen. Die Blüthen zu 1 oder 2 aus der Achsel des an der Erde liegenden Zweiges kommend, erheben sich bei Arachis auf einer langen Kelchröhre, der Fruchtknoten aber bleibt sitzend und schickt einen der Kelchröhre an Länge entsprechenden Staubweg aus. Wenn nach der Befruchtung die Blüthe verwelkt, so erhebt sich der Fruchtknoten, jetzt einen dicken, walzenförmigen Stiel erhaltend, der sich fast rechtwinkelig vom wagrecht liegenden Zweige abwendet und, wie der Stamm an seiner Spitze, unterhalb des Blattfruchtknotens wachsend, in die Erde geht. Wir haben hier das Beispiel eines Stammes, der wie die Pfahlwurzel der Keimpflanze senkrecht in die Erde steigt.

Was die constante Richtung der letzteren bei der phanerogamen Keimpflanze, desgleichen die ebenso constante Biegung der Zweige der Hängesche und des Ilex mit hängenden Zweigen bestimmt, ist bis jetzt noch nicht erklärt (p. 150) und ebenso schwierig möchte sich für den mitgetheilten Fall von Arachis eine genügende Erklärung finden

---

[1]) Schenk, Das Vorkommen contractiler Zellen im Pflanzenreich. Würzburg 1858.

lassen. — Im Allgemeinen flieht die Wurzel das Licht, wie die Keimversuche der Mistel beweisen (p. 153); auch die sogenannten Keime, oder, richtiger bezeichnet, für die Erde bestimmten Triebe der Kartoffelknolle bedürfen zu ihrer normalen Ausbildung der Dunkelheit. — Die kletternden oder sich um andere Gewächse windenden Stämme der Schlingpflanzen bringen, wie es scheint, schon die Tendenz zur Drehung mit; die Cuscuta schlingt sich sowohl um saftreiche Pflanzenzweige als auch um Glasstäbe, ebenso umschlingt der sehr schnell wachsende Stamm der Ipomaea tuberosa sowohl grüne als auch dürre Zweige. In der Luft hängend, zeigt derselbe nur die Tendenz zu einer Drehung, bildet aber selten schraubenförmige Windungen, wo er dagegen einen geeigneten Gegenstand findet, da erfafst er denselben, ihn schlangenartig umschnürend. Aber nur das ganz junge, im Längswachsthum begriffene Ende des Stammes führt diese Windungen aus, die älteren Theile des Stammes bleiben in ihrer vorigen Richtung. Die Zweige der Ipomaea, welche sich rasch verdicken und oftmals mehr als armstark und sehr holzig werden, tödten in der Regel die umschlungene Pflanze. Ein einziges Exemplar derselben kann, wenn man ihr freien Lauf läfst, sich in wenigen Jahren über einen grofsen Flächenraum ausbreiten und für ihre Nachbarpflanzen sehr gefährlich werden. Die Windungen gehen von links nach rechts, sie beschreiben eine Spirale von sehr ungleicher Steigung. v. Mohl glaubt, dafs das Umschlingen der Stütze bei Ranken und Schlingpflanzen die Folge einer durch die Berührung erregten Reizbarkeit sei [1]). Dutrochet bestimmte die Zeit, welche eine Schlingpflanze gebraucht, um eine vollständige Umdrehung zu beschreiben (bei Convolvulus sepium 15—18½ Stunden, Conv. arvensis 9—10 Stunden, Phaseolus vulgaris 5½—30 Stunden, Cuscuta europaea 1¼—2 Stunden, wobei die Temperatur sehr zu berücksichtigen ist, indem vermehrte Wärme auch das Wachsthum beschleunigt). Sehr häufig sind die Schlingpflanzen links gewunden; Solanum Dulcamara windet sich nach Dutrochet bald links bald rechts; die Drehung erfolgt in derselben Richtung wie die Blattspirale [2]). — Gedrehte Stämme, sowohl Laubhölzer als Nadelhölzer, sind neben nicht gedrehten Stämmen in demselben Waldbestande gar nicht selten; die Drehung beruht hier, wie bei den Schlingpflanzen, nur dem Grade nach geringer, auf einem spiralförmig gewundenen

[1]) v. Mohl, das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. 1827.
[2]) Dutrochet, über das Winden der Stämme. Bot. Zeitg. 1845. p. 116.

Verlauf der Gefäfsbündel, welche den Holzring und die secundäre Rinde bilden; solche Stämme reifsen und zerspalten deshalb auch nicht gerade, sondern spiralig. Die Drehung der Gefäfsbündel aber erfolgt in der ersten Jugend des Stammes und hat höchst wahrscheinlich äufsere Ursachen. Die ausgewachsenen Rüben der Beta vulgaris sind gleichfalls häufig und zwar bald rechts bald links gedreht[1]).

Ortsveränderungen durch Zellenverlängerung allein zeigt uns die Seta der Lebermoose (p. 249), deren Fruchtkapsel plötzlich die Calyptra durchbricht. Die Wanderung des Pollenschlauches von der Narbe durch den Staubweg in die Fruchtknotenhöhle ist gleichfalls das Resultat eines meistens sehr energischen Wachsthums. Die Verlängerung scheint namentlich an der Spitze des Pollenschlauches stattzufinden. Selbst das Aufbrechen der Blüthen phanerogamer Gewächse möchte zum gröfsten Theil einer plötzlichen Zellenausdehnung zuzuschreiben sein, welche vielfach unter dem Einflufs des Lichtes steht, so dafs die Mehrzahl der Blumen, jedoch nicht alle (Cereus grandiflorus, Mesembryanthemum noctiflorum öffnen sich am Abend und schliefsen sich am Morgen) sich am Morgen öffnen, andere aber nur im vollen Sonnenschein (Portulaca) zur Entfaltung kommen. Beim Oeffnen der Blumen wird oftmals eine grofse Kraft entwickelt, so sprengen die sich entfaltenden inneren Blüthentheile die dicke, lederartige, aus einem Ganzen bestehende Hülle des Kelches von Psidium und Bombax, sie in unregelmäfsige Fetzen zerreifsend (p. 289). — Die aus der offenen Blüthe lang hervortretenden zahlreichen Staubblätter einiger Mirtaceen und Acacien (Jambosa vulgaris und Acacia lophanta) verlängern sich plötzlich, gleich dem Fruchtstiel der Lebermoose durch Ausdehnung ihrer Zellen. — Bei der Farbenveränderung der Blüthentheile während des Aufblühens zeigt sich oftmals der chemische Einflufs des Lichtes sehr deutlich, so öffnet sich die Knospe von Hibiscus mutabilis auf Madeira am frühen Morgen mit schneeweifsen Blumenblättern, welche schon während des Aufblühens eine röthliche Färbung annehmen und wenn sie nach einigen Stunden vollständig geöffnet sind im schönsten Rosenrothe prangen. Rasch erfolgte chemische Veränderungen im Zellensaft müssen hier die Bildung des rothen Farbestoffes veranlafst haben, und wäre es interessant,

1) Wichura, über schraubenförmig gewundene Baumstämme. Jahresbericht der Schles. Gesellschaft 181. — A. Braun, Drehung der Stämme. Monatsbericht der Berl. Akademie 1854.

zu erfahren, welche Lichtstrahlen, wahrscheinlich die blauen, diese Umänderung bewirken und ob sich dieselbe auch künstlich hervorrufen läfst. Die Blüthen vieler Pflanzen bleiben auch während der Nacht geöffnet, ja einige duften sogar zur Nachtzeit am schönsten (Datura arborea, welche in Funchal verwildert, die Nachtluft mit ihrem Vanilleduft erfüllt, ist am Tage fast geruchlos). Andere schliefsen sich dagegen mit der Dunkelheit, um nicht wieder aufzublühen (Convolvulus Batatas, Cistus, Hibiscus, Malva, Coffea) und noch andere schliefsen sich nur für die Nacht, um sich am kommenden Morgen wieder zu öffnen (Bellis perennis, Scorzonera, Tragopogon). Die Erscheinung des wiederholten Schliefsens und Wiederaufblühens kann wohl nur in der sich verändernden Turgescenz der saftführenden Zellen der sich bewegenden Theile gesucht werden; die Ausdehnung der Zellen durch Wachsthum, welche, wie ich vermuthe, die erste Entfaltung der Blüthe veranlafste, kann natürlich die zweite nicht bewirken.

Die durch allmäliges oder plötzliches Austrocknen hervorgerufenen Bewegungserscheinungen gewisser Pflanzentheile sind von dem Bau und der hygroskopischen Beschaffenheit der Zellenmembran abhängig. Wir sehen dies am besten an dem doppelten Schlenderbande der Spore von Equisetum (Fig. 186. p. 271), welches sich unter dem Mikroskop durch die Feuchtigkeit des Hauches ausdehnt und durch den raschen Verlust des kaum aufgenommenen Wassers bei trockener Luft fast eben so schnell wieder zusammenzieht, im Wasser aber sich ausstreckt und bewegungslos bleibt. — Aber nur in wenigen Fällen ist die Pflanzenmembran in so hohem Grade hygroskopisch, auch haben wir es kaum anderswo in der Natur selbst mit einer isolirten Membran, ja sogar verhältnifsmäfsig selten mit einzelnen Zellen zu thun, für welche die von Beer[1]) entdeckten Schleuderorgane im Innern der reifen Frucht tropischer Luft-Orchideen (Acropera, Epidendrum, Gongora), welche aus 8—10 Linien langen, einzelligen Haaren bestehen, die durch den Feuchtigkeitswechsel der Luft in rasche, schwingende Bewegung gerathen und so die Samen ausstreuen, ein treffliches Beispiel liefern. Aber auch die Pollenkörner, welche im trockenen Zustande eine oder mehrere Falten zeigen (Taf. X. Fig. 14 u. 15), die durch Wasseraufnahme wieder ausgeglichen werden,

[1]) J. G. Beer, Vorkommen eines Schleuderorgans in den Früchten verschiedener Orchideen. Sitzungsbericht der Wiener Akademie 1857.

verdienen hier einer Erwähnung. Es zeigt sich nämlich nach meinen Untersuchungen: 1. eine gallertartige Anschwellung, also eine gröfsere Masse bei geringerer Verdichtung, der inneren Pollenzelle unter der Stelle, welche sich durch Wasserverlust als Falte zusammenzieht, und 2. eine allmälige oder plötzliche Abnahme der Dicke für die sonst ziemlich starre Aufsenhaut des Pollenkornes an dem genannten Orte. Damit ist aber diese Faltenbildung hinreichend erklärt, indem bekanntlich alle weniger verdichteten, also relativ wasserreicheren Stoffe sich beim Austrocknen stärker zusammenziehen, einer allgemeinen Contraction der Pollenzelle aber die starre Beschaffenheit der äufseren Pollenhaut entgegensteht, während selbige über der gallertartigen Anschwellung sehr verdünnt, der Faltenbildung kein Hindernifs bietet (p. 363). Das Aufspringen der Lebermooskapsel mit 4 Klappen (Fig. 180. p. 249) ist gleichfalls in den Structurverhältnissen der Kapselwände, welche bei den verschiedenen Arten im Bau kleine Abweichungen zeigen, begründet. Die 4 Nähte sind nämlich schon ursprünglich als besonders geformte, zarter gebaute Längszellenreihen ohne Spiralbänder vorgebildet. Das Zerreifsen in die 4 Klappen und das Zurückschlagen der letzteren aber wird durch die ungleiche Zusammenziehung der Zellen, welche halbe Spiralbänder besitzen, veranlafst. Die Kapsel zerreifst, sobald die Spannung zu grofs wird, und ihre Klappen schlagen sich durch eine vorwaltende Zusammenziehung der äufseren Zellenreihen nach Aufsen. Die oftmals mit ihr verbundenen, mit einem einfachen oder doppelten Spiralbande versehenen Schleuderer ziehen sich aber, indem sich bei raschem Austrocknen ihr Band verkürzt und dessen Windungen sich nähern, gleichfalls zusammen und schleudern so die Sporen fort (Aneura, Fossombronia, Lejeunia). — Die Frucht der Laubmoose, welche nicht klappig, sondern mit einem Deckel aufspringt (Fig. 182. p. 257), hat keine spiraligen Verdickungen und keine Längsnähte, wohl aber eine wagrechte concentrische Naht, deren zartwandige Zellen beim Austrocknen zerreifsen, während die Zähne des Mündungsbesatzes sich wie die Schleuderer der Lebermoose zusammenziehen und dadurch häufig nach auswärts schlagen (Bryum cespititium). — Auch das Sporangium der Farnkräuter öffnet sich durch ein Zerreifsen derjenigen Partie, welcher der Annulus fehlt (Fig. 184. p. 260), indem die Zellen des letzteren sich nach der äufseren nur schwach verdickten Seite mehr als nach der inneren zusammenziehen, wodurch eine Spannung entsteht, welcher der schwächste Theil der Kapsel (*b*) nachgeben mufs.

Dasselbe gilt für die Staubbeutel der Phanerogamen, die, wenn sie sich mit Längs- oder Querspalten öffnen, gleichfalls schon ursprünglich diese als Nähte vorgezeichnet haben, während eine, selten mehrere Zellenschichten der Antherenwand, und zwar in der Regel die innere Schicht sehr zierliche Verdickungen als Spiralbänder oder in sternförmiger Anordnung (bei Opuntia Ficus indica) besitzt, die beim Trockenwerden eine ungleiche Zusammenziehung und ein Zerreifsen der schwächsten Partieen, also der Nähte, veranlassen, wobei wiederum der verschiedene Bau der Zellenwände und der Grad der Zusammenziehung die mannigfachen Weisen bedingt, nach welchen sich die Staubbeutel öffnen und deren Wände auseinanderschlagen, wofür die Anthere der Laurineen, wo nur die Klappen spiralige Verdickungen der inneren Zellenreihe besitzen, den besten Beweis liefert (Fig. 210. p. 303). Allein nicht alle Staubbeutel haben eine oder mehrere Reihen solcher Spiralzellen; bei Monotropa und Solanum fehlen dieselben. (Der Staubbeutel der Kartoffel öffnet sich nur an seiner Spitze ein wenig, die Naht, welche vorhanden ist, reifst hier nicht als Längsspalte auf, auch wird das Mittelband hier nicht resorbirt, die Anthere bleibt deshalb vierfächerig.)

Das Aufspringen der Kapselfrüchte bei den Phanerogamen ist eine Folge derselben Ursache, einer, durch den Bau und die physikalische Beschaffenheit der Theile überhaupt hervorgerufenen, ungleichen Zusammenziehung beim Austrocknen. Die schwächere Partie zerreifst hier wie die Naht der Lebermooskapsel und die Staubbeutelwand der Anthere. Sogar die Krümmungen der sich voneinander lösenden Theile (bei Geranium) lassen sich auf dieselben Ursachen zurückführen (die beiden Hälften der Schote von Lupinus drehen sich beim Aufspringen in entgegengesetzter Richtung, eine Spiralwindung beschreibend und nach derselben Richtung zerbricht auch die Wand, weil die langgestreckten Zellen des inneren holzigen Theiles diesen Verlauf annehmen). — Das plötzliche Aufspringen der noch saftigen Frucht von Impatiens bei leiser Berührung ist dagegen die Folge einer grofsen durch Saftfülle entstandenen Spannung in den äufseren Zellenschichten der Fruchtknotenwand, welche ein Zerreifsen der Nähte als der schwächeren Partien zur Folge hat. Der innere Theil der Fruchtknotenwand besteht bei Impatiens parviflora aus etwa 3 Reihen senkrechter, langgestreckter, wie das Collenchym in den Ecken verdickter, Zellen mit wenig verdichteter, nicht verholzter, Verdickungsmasse, welche deshalb

sehr nachgiebig sind, wogegen der äufsere Theil wagerechte, von Saft strotzende, Zellen besitzt, die von einer zu engen, sehr festen, Oberhaut umschlossen sind und von Innen nach Aufsen an Gröfse und Saftfülle zunehmen; der innere, schwächere, Theil mufs hier dem äufseren, stärkeren, nachgeben, wodurch sowohl eine Krümmung der sich von unten nach oben ablösenden Theile nach einwärts, als auch ein Zusammenbiegen der Ränder veranlafst wird. — Das Zerreifsen der Baumrinde und das Platzen der Oberhaut reifer saftiger Früchte (der Feigen, der Pflaumen u. s. w.) ist gleichfalls eine Spannungserscheinung, dadurch veranlafst, dafs die äufseren Theile der Ausdehnung der inneren nicht zu folgen vermögen und deshalb zerspringen müssen. Die Gestalten solcher Risse aber (bei der Baumrinde) resultiren aus dem Lagerungsverhältnisse und der Beschaffenheit der Zellen. Die Rinde zerspringt in der Regel erst, wenn ihre äufseren Theile saftlos werden und sich deshalb nicht mehr ausdehnen können, während der Stamm sich fortdauernd verdickt.

Der Einflufs des Lichtes macht sich in doppelter Weise auf gewisse Pflanzen bemerkbar. 1. Indem selbige entweder mit ihren noch biegsamen Theilen nach der Quelle des Lichtes hinstreben, wie wir dies an Topfpflanzen, die vor den Fenstern stehen, so häufig bemerken, oder wenn sie gewaltsam in eine für den Einflufs des Lichtes ungünstige Lage gebracht werden, sich wieder in die vorige Stellung zurückbegeben, wie dies die Lupine zeigt, welche, wenn man sie nahe über der Erde dicht auf den Boden niederbiegt, ihre Blüthenähre aufwärts richtet, so dafs dieselbe mit dem wagerecht liegenden Stamm einen rechten Winkel beschreibt[1]). Beim Knieholz (Pinus Pumilio) sollen sogar, nach der Angabe einiger Forstleute[2]), die am Boden kriechenden Aeste, deren Spitze knieförmig aufwärts gerichtet ist, sich so verlängern, dafs das Knie sich immer weiter von dem Hauptstamm entfernt, was bei der Starrheit des Holzes fast unglaublich erscheint. 2. Durch eine veränderte Stellung beim Eintritt der Nacht und eine Rückkehr in die vorige Stellung beim Anbruch des Tages. — Raczinsky wiederholte die Versuche von Dutrochet, indem er Lamellen aus der Mitte des Stengels solcher Pflanzen darstellte, welche sich dem Lichte zuwenden, und diese der Länge nach in bestimmte Theile zerlegte.

---

1) Schultz-Fleeth zeigte mir diese interessante Bewegung, welche schon innerhalb weniger Stunden erfolgt.

2) Mündliche Mittheilung meines Freundes Hartig.

Er fand nun, daſs die äuſseren, der Rinde angehörigen, Theile sich nach auſsen krümmen, die inneren Theile dagegen gerade verbleiben, ferner, daſs die Krümmung der äuſseren Partien am Tage stärker als zur Nachtzeit ist, daſs Regenwetter die Turgescenz und in Folge dessen auch die Krümmung vermehrt und daſs kalte Nächte auf warme Tage folgend ähnlich wirken. Nach Dutrochet soll sich zwar das Marksystem nach Auſsen und das Rindensystem nach Innen krümmen, allein v. Mohl hat bereits nachgewiesen, daſs beides nicht der Fall ist, was durch Raczinsky bestätigt wird. Nach ihnen wird die Biegung des Stengels nach dem Lichte durch die Rinde ausgeführt, wozu die unmittelbar unter der Oberhaut gelegenen Gewebeschichten, welche häufig dem Collenchym entsprechen, sowie die folgende Schicht der primären Rinde, die bewegenden Theile sind, indem der oxydirende Einfluſs des Lichtes die Turgescenz dieser inneren Partie vermehren soll. Raczinsky glaubt, daſs jene stärker verdickten Zellen der Ausdehnung der inneren Schicht nicht folgen können, und deshalb eine Krümmung nach Auſsen stattfindet; allein die Verdickungsmasse des Collenchyms ist nur sehr wenig verdichtet, derartige Zellen sind deshalb vorzugsweise biegsam. Ich vermuthe darum, daſs eine überwiegende Turgescenz des inneren Theiles der primären Rinde allein hier die Biegung nach Auſsen veranlaſst, welcher das Collenchym, dessen Wände sehr nachgiebig sind, kein Hinderniſs in den Weg setzt. Die gröſsere Turgescenz des inneren Gewebes leitet Raczinsky von einer gröſseren chemischen Thätigkeit der betreffenden, assimilirte Stoffe enthaltenden, Zellen her. Bei sehr entwickelter Auſsenschicht soll die Krümmung am stärksten hervortreten (Malvaceae, Chenopodiaceae und Amaranthaceae). Warme, klare Atmosphäre und feuchter Boden begünstigen nach ihm dieselbe.

Sachs giebt, wie schon erwähnt, eine genaue mikroskopische und physikalische Untersuchung der Blätter von Phaseolus und Oxalis, welche Pflanzen Nachts die mit einem Gelenkpolster am gemeinsamen Blattstiel befestigten Einzelblätter senken. Die Untersuchung dieses Polsters läſst nach ihm auſser einem centralen Gefäſsbündel, welches aus der Vereinigung getrennter Bündel im Blattstiel hervorgegangen ist und gewissermaſsen einen Gefäſsbündelkreis beschreibt, in welchem nur vereinzelt Zellen eines Markparenchyms hervortreten, eine innere nur schmale Rindenschicht mit weiten lufterfüllten Intercellulargängen und eine äuſsere viel breitere Schicht ohne lufterfüllte Intercellular-

gänge, welche von einer Oberhaut ohne Spaltöffnungen bedeckt ist, unterscheiden. — Lamellen aus der Mitte des Polsters, der Länge nach unter Wasser in mehrere Theile zerlegt, zeigten ihm nun, dafs die äufsere Schicht sich nach Aufsen, die innere Rindenschicht dagegen sich nach Innen krümmt, dafs aber, wenn beide vereint bleiben, die äufsere Schicht das Uebergewicht hat und eine Krümmung nach Aufsen bewirkt, und dafs endlich das centrale Gefäfsbündel selbst freigelegt seine Richtung nicht verändert. Der mechanische Grund der Bewegung mufs demnach in der äufseren Rindenschicht, welche Sachs compressibeles Gewebe nennt, liegen. Sehr zarte Längsschnitte durch den Blattstiel und sein Polster zeigten ihm ferner, dafs, wenn der Schnitt an der einen Seite etwas dicker ausfällt als an der anderen, eine Contraction der gegenüber liegenden dünneren und deshalb schwächeren Seite erfolgt, so dafs die sich auch hier gegenüber liegenden Seiten des Polsters zu einander als Antagonisten verhalten. Auf einem Querschnitt quillt das compressibele Gewebe wulstartig hervor, weil die Oberhaut zu eng ist; dasselbe mufs sich demnach, wie noch andere sinnreiche Versuche beweisen, in einem Zustande bedeutender Spannung befinden, welche, durch rasche Wasseraufnahme entstanden, sich auch durch Endosmose ebenso schnell wieder verändern kann, was durch Zuckerlösung, welche Wasser entziehend wirkte, und eine sofortige Krümmung der Längsstreifen aus der Mittellamelle des Polsters nach der entgegengesetzten Richtung zur Folge hatte, bewiesen wurde. Das Fehlen lufterfüllter Intercellulargänge im compressibelen Gewebe, welches die Diffusion beschleunigt, hält Sachs mit Recht für bedeutungsvoll; er glaubt, dafs bei der Bewegung des Blattes in demselben Grade wie die eine Seite des Polsters an Spannung gewinne, die andere an Turgescenz verliere.

Die Verdunstung an der Oberfläche des Blattes scheint nach Sachs nicht Ursache der Tagstellung zu sein, denn absichtlich verstümmelte Blätter änderten in ihrer Stellung nichts und führten ihre Bewegungen wie unversehrte Blätter aus, selbst unter Wasser blieb bei Oxalis die Erscheinung Tage lang dieselbe (eine Bestätigung der Bonnet'schen Versuche). Auch die Wärme für sich übt keinen Einflufs; eine Oxalis am Tage mit einem Blechgefäfs bedeckt nahm Nachtstellung an und änderte dieselbe, wenn der Deckel durch heifses Wasser erwärmt oder durch Eis erkaltet wurde, nicht. Dagegen bewirkte die Bedeckung mit einer rubinrothen Glasglocke am Tage nach ½ bis 1 Stunde eine vollkommene

Nachtstellung, welche unter einer Glocke von blauem Cobaltglase wieder in die Tagstellung zurückkehrte. Sachs hält mit Recht die periodischen Bewegungen des Blattes von Phaseolus und Oxalis für wesentliche Begleiter des Vegetationsprocesses und glaubt, dafs die blauen Lichtstrahlen nur insofern auf dieselben wirken, als sie den Vegetationsprocefs anregen. Dafs einzelne Blätter unter rothem Glase schlafen, wenn die ganze Pflanze, von weifsem Licht beleuchtet, wacht, erscheint ihm räthselhaft, doch halte ich auch hierfür die vorige Erklärung ausreichend, indem das Blatt ziemlich selbstständig ist und deshalb unter bestimmten Verhältnissen träger vegetiren kann als die ganze Pflanze, der es angehört. Behalten doch abgeschnittene Blätter der Mimosa pudica, wenn sie im Wasser liegen, 4—5 Tage lang ihre Reizbarkeit, welche freilich von Tag zu Tag schwächer wird, so dafs zuletzt nur noch des Nachts ein Zusammenlegen der Fiederblättchen stattfindet.

Die **Mimosa pudica** als **Sinnpflanze** hat nun dieselbe Eigenthümlichkeit am Abend ihre Blätter zusammenzufalten; aber sie beschränkt sich nicht hierauf allein, sondern führt, durch äufsere Reize dazu veranlafst, auch am Tage ähnliche Bewegungen aus. Ihr doppelt zusammengesetztes Blatt besteht aus einem gemeinsamen Blattstiel, der an seiner Basis ein Gelenk besitzt, während die vier einfach zusammengesetzten Blätter, welche derselbe trägt, jedes mit ihm durch ein ähnliches Gelenk verbunden sind, und endlich die Einzelblättchen wiederum ihrerseits von einem Gelenk getragen werden. Der gemeinsame Blattstiel hat den gröfsten Spielraum der Bewegung, er kann sich durch sein Gelenkpolster auf- und abwärts in einem Halbkreis bewegen, seine Tagstellung ist eine gehobene, seine Nachtstellung eine gesenkte. Der besondere Blattstiel des einfach zusammengesetzten Blattes hat zwar, wie es scheint, einen gleichen Spielraum der Bewegung, richtet sich aber meistens nur aufwärts und seitlich, so dafs die 4 einfach gefiederten Blätter sich wie die Theile eines Fächers an einander legen, und alsdann gewissermafsen eine Fortsetzung des gemeinsamen Blattstieles bilden. Er nimmt zur Nachtzeit diese Stellung ein, ist aber für äufsere Reize weniger als die beiden anderen beweglichen Theile des zusammengesetzten Blattes empfindlich. Die Einzelblätter endlich schlagen sich Abends wie die Flügel eines sitzenden Tagschmetterlings zusammen. Die Gelenkpolster der Mimosa sind ähnlich wie bei Phaseolus und Oxalis gebaut, indem auch hier die Gefäfsbündel, welche

im gemeinsamen Blattstiel als 4 innere durch Mark getrennte und 2 äufsere Bündel auftreten, im Centrum des Polsters (am gemeinsamen Blattstiel) vereinigt, von einer schmalen Gewebeschicht mit weiten lufterfüllten Intercellularräumen umgeben werden, welche wieder von einer breiten Schicht des compressibelen Gewebes, ohne lufterfüllte Intercellulargänge und einer kleinzelligen Oberhaut ohne Spaltöffnungen umhüllt ist. Die Zellen des compressibelen Gewebes enthalten Blattgrün und eine kugelige fettglänzende Masse. Die Gelenkpolster der 3 beweglichen Theile des Blattes sind nur quantitativ, aber nicht qualitativ, verschieden. Das centrale Gefäfsbündel hat im äufseren Umkreis eine Umkleidung von dickwandigen langgestreckten Zellen mit sehr aufgequollenen Wänden, welche den Bastzellen ähnlich sind und auch im Stamm als Scheide den Gefäfsbündelring umgeben. (Diese Zellen fehlen nach Sachs bei der Bohne und dem Sauerklee). Dem Ringe bastähnlicher Zellen folgt eine Partie mit schwächer verdickten Wandungen, welche dem Cambium entspricht, dann erscheint der Holztheil des Gefäfsbündels, aus engen, aber stark verdickten, Holzzellen und gleichfalls engen Gefäfsen bestehend, dessen strahlenartige Anordnung auf verkümmerte Markstrahlen schliefsen läfst. Die Holzzellen, ohne Tüpfel und die Spiralgefäfse aus kurzen Zellen zusammengesetzt, haben, gleich den Bastzellen, ein sehr weifses, glänzendes, Ansehen; das Mark ist nur schwach vertreten. Jod- und Schwefelsäure färben sämmtliche Zellen des Polsters, mit Ausnahme der Holzzellen und der Gefäfse, blau; letztere sind verholzt, sie nehmen eine gelbe Färbung an. Die sehr feste, kleinzellige, Oberhaut, deren Zellen wagerecht etwas gestreckt sind, ohne Spaltöffnungen, geht da, wo das Gelenkpolster aufhört, fast plötzlich in die anders geformte, mit Spaltöffnungen versehene, Oberhaut des Blattstiels über. Die Epidermis des Polsters hat frisch eine grofse Neigung zur wagerechten Faltenbildung, welche sie auch nach der Behandlung mit Salpetersäure behält. Wenn man das Gelenk durchschneidet, so quillt aus der Mitte desselben ein heller Saft hervor, wenn man dagegen nur das compressibele Gewebe entfernt, so bleibt die Wunde trocken. Dieser Saft, der reich an festen Substanzen ist und dessen auf der Glasplatte langsam verdunstender Tropfen am Rande strahlenförmige Figuren bildet und einen etwas gefärbten Rückstand hinterläfst, gehört dem Cambium oder zum wenigsten dem saftführenden Theil des Gefäfsbündels. Die bastartigen Zellen, welche den Gefäfsbündelring im Stengel und im

Blattstiel und die einzelnen Gefäfsbündel in der Blattfläche begleiten, sind nach Aufsen hin von Parenchymzellen umgeben, die schön ausgebildete Krystalle führen, welche in den Gelenkpolstern überall zu fehlen scheinen. Alle überirdischen vegetativen Theile der Pflanze haben dreierlei Haare: 1. einzellige Haare mit ziemlich stark verdickter Wandung, 2. mehrzellige Haare mit gröfserer Endzelle, sogenannte Drüsenhaare, und 3. lange und starke Haarbildungen, die im unteren Theil aus zahlreichen, parallel nebeneinander liegenden, bastähnlichen, an beiden Enden zugespitzten, Zellen bestehen, an der Spitze aber mit einer langen Haarzelle endigen. Durch die letzte Art der Haare erscheint die Pflanze langbehaart. Die Oberhaut der unteren Blattfläche ist ungleich fester als die der oberen, welcher die Spaltöffnungen zu fehlen scheinen [1]). Das compressibele Gewebe der Gelenkpolster krümmt sich, wenn es sorgfältig abgelöst wird, gleichgültig von welcher Seite des Gelenkes genommen, im Wasser nach Aufsen. Lamellen aus der Mitte des Polsters geschnitten und in Längsstreifen zerlegt, bestätigen die von Sachs beschriebenen Erscheinungen (p. 494). Wenn man einen Blattstiel durchschneidet, so quillt die klare Flüssigkeit in Menge und sehr rasch aus der Schnittfläche des oberen Theiles, während der untere noch mit der Pflanze verbundene Theil eine fast trocken bleibende Schnittfläche behält. Wenn man dagegen einen Stengel durchschneidet, so quillt aus beiden Theilen reichlich Saft hervor; sollte hiermit vielleicht die, wie es scheint, schnellere Fortpflanzung des Reizes im Blatte nach absteigender Richtung in Verbindung stehen?

Die Reizbarkeit der Mimosa pudica für äufsere Einflüsse vermehrt sich bekanntlich mit der Luftwärme und danach ändern sich auch vielfach die Erscheinungen. Bei einer sehr reizbaren Pflanze fallen

---

[1]) Die anatomischen Verhältnisse sind im Allgemeinen schon von Meyen angegeben. Derselbe glaubt, dafs die bastähnlichen Zellen des Gelenkes eigenthümlich gebaute grofse Tüpfel besitzen; ich finde bei ihnen sich kreuzende spaltenförmige Poren, welche an die verholzten Zellen der Caryota erinnern (Bd. I. p. 237); besonders auffallend ist aber die geringe Verdichtung der Wände dieser Zellen, wie auch der Holzzellen des Gefäfsbündels, wodurch dieselben viel biegsamer als in den nicht beweglichen Theilen des Blattstieles werden. Nach Brücke soll das compressibele Gewebe der oberen Seite des Gelenkes bei alten Blättern stärker verdickte Wandungen als das ihm gegenüberliegende Gewebe der anderen Seite besitzen. Da aber junge Blätter und alle, die ich untersucht habe, diesen Unterschied nicht zeigen, so mufs derselbe für die Bewegungserscheinung selbst unwesentlich sein. Auch der Inhalt der Zellen des compressibelen Gewebes, der bei den verschiedenen mit Bewegung begabten Pflanzen verschieden ausfällt, kann hier nicht in Betracht kommen.

z. B. schon bei leiser Berührung eines Fiederblättchens nicht allein fast gleichzeitig sämmtliche Fiederblättchen des einen Blattes, sondern aller 4 Blätter zusammen, wobei sich der gemeinsame Blattstiel abwärts senkt und oft sogar die Nachbarblätter seinem Beispiel folgen. Die minder reizbare Pflanze (am Morgen eines ziemlich kühlen aber klaren Tages) zeigt dagegen die einzelnen Erscheinungen, weil sie langsamer erfolgen, auch viel deutlicher. Wenn man hier eines der Endblättchen berührt, so erhebt sich dasselbe sammt dem ihm gegenüberliegenden Blättchen, worauf sich das folgende Blattpaar und so abwärts nacheinander die übrigen Blattpaare, und zwar immer langsamer, zusammenlegen, und sich bisweilen auch der gemeinsame Blattstiel abwärts senkt, aber selten die übrigen Blätter mit afficirt werden. Bisweilen legen sich auch nur die Blättchen der einen Seite des besonderen Blattstiels zusammen. Berührt man ein unteres Fiederblättchen, so setzt sich der Reiz in aufsteigender Richtung und bei Berührung eines mittleren Blättchens nach beiden Seiten hin fort. Bei einer Verletzung durch Abschneiden der Spitze eines Blättchens ist der Erfolg energischer, hier legen sich meistens die Fiederblättchen aller 4 Blätter zusammen. Ein kalter Luftstrom bewirkt gleichfalls ein Zusammenfallen der Blättchen, ebenso die Erkältung durch einen Tropfen Aether oder Alkohol, welcher später ein Absterben des von ihm berührten Theiles veranlafst. Wasser von gleicher Temperatur als die umgebende Luft wird dagegen ohne Veränderung der Blätterlage vertragen, ja abgeschnittene, in Wasser gelegte, Blätter behalten 4—5 Tage lang ihre Reizbarkeit. Wasser von 30° R. wirkte, bei 16° Lufttemperatur, kaum verändernd; bis 40° erwärmt legten sich die Fiederblättchen, wenn das Endblatt das Wasser berührte, in aufsteigender Richtung zusammen, ebenso bei Anwendung von kochendem Wasser, welches die berührten Blättchen sofort tödtete (die Pflanze war zur Zeit dieses Versuches sehr unempfindlich). Brennen bewirkt, wie schon Meyen nachgewiesen, dasselbe, wird aber von der Pflanze, gleich dem kochenden Wasser, schlecht vertragen. Säuren und ätzende Flüssigkeiten überhaupt, desgleichen ätherische Oele verhalten sich gleichfalls als Reizmittel [1]). Die zusammengeklappten Blättchen nehmen, wenn der Reiz, welcher nicht zerstörend wirkte, aufhört, wieder ihre vorige

---

[1]) Runge, über das Verhalten der Mimosa pudica gegen mechanische und chemische Reizmittel. Poggendorf's Annalen XXV. p. 334.

Stellung ein, was nach der Lebendigkeit der Pflanze früher oder später, ja bisweilen schon 5 Minuten nach der einfachen Berührung stattfindet. Entfernt man, wie es MEYEN gethan, sorgfältig die äufseren Gewebeschichten des Gelenkpolsters von der oberen oder von der unteren Seite bis zum Gefäfsbündel, so senkt sich anfänglich das Blatt, erhebt sich aber später wieder und führt, zwar etwas träge und unvollkommen, seine periodischen Bewegungen aus; entfernt man dagegen die äufseren Schichten beider Seiten, so sinkt der Blattstiel herunter und hebt sich nicht wieder empor. Die trägere Bewegung beim Fehlen des compressibelen Gewebes einer Seite zeigt, dafs beide mit einander und zwar als Antagonisten zur Hebung oder Senkung des Blattstiels thätig sind; allein es müssen dem Grade nach Unterschiede zwischen der oberen und unteren Seite des Gelenkes stattfinden, indem, wie BRÜCKE gezeigt hat, das compressibele Gewebe der oberen Seite frei gelegt, sich stärker als das der unteren Seite krümmt, auch, bei einer Umkehrung der Pflanze und Messung der Winkel, die Spannung im oberen Theil des Wulstes der Erschlaffung im unteren Theile nicht genau entspricht, vielmehr dieselbe bedeutend übertrifft. Der obere Theil des Blattgelenkes am gemeinsamen Blattstiel ist überdies für äufsere Reize fast unempfindlich, während der untere Theil sich durch seine Empfindlichkeit auszeichnet und kaum berührt, ein sofortiges Senken des Blattes veranlafst. BRÜCKE hat ferner bewiesen, dafs die Bewegungserscheinungen der Mimosa pudica in Folge äufserer Reize nicht mit den Schlafbewegungen der Pflanze identisch sind, indem nach ihm durch letztere die untere Seite des Gelenkpolsters nicht erschlaffen soll, so dafs der in der Nachtstellung befindliche Blattstiel noch auf äufsere Reize reagirt. Die Erscheinungen des Schlafens und Wachens beruhen nach BRÜCKE auf einer abwechselnden Verlängerung und Verkürzung der oberen und der unteren Wulsthälfte (wie bei Oxalis und Phaseolus), in der Nacht sind die Gelenke straff, am Tage aber nach der Reizung schlaffer. BRÜCKE glaubt, dafs die beiden sich gegenüber liegenden Theile des Gelenkwulstes in verschiedenem Grade Flüssigkeiten aufsaugen, was durch Veränderungen im chemischen Procefs erklärt werde. — Stark wirkende Gifte (Blausäure) bewirken nach GÖPPERT[1]) sehr schnell eine Lähmung der Bewegungen, Behandelung mit Aether oder Chloroform veranlafst nach CLEMENS gleichfalls, aber

[1]) GÖPPERT, de Acidi Hydrocyanici vi in plantas commentatio.

nur für kurze Dauer, den Verlust der Reizbarkeit. In der Sonne ist nach ihm die Betäubung viel nachhaltiger als im Schatten. Die Mimosa, in der Sonne narcotisirt, bedarf oftmals einer Stunde, bei einer Narcotisirung im Schatten aber nur 5—8 Minuten, um wieder reizbar zu werden[1]. — Ein Verweilen im luftleeren Raum soll, nach Dutrochet und Meyen, gleichfalls die Reizbarkeit der Pflanze zeitweilig aufheben, so dafs dieselbe unter dem Recipienten der Luftpumpe nicht einmal die nächtliche Stellung der Blätter annimmt.

Ueber den Einflufs der Elektricität auf die Mimosa pudica sind Versuche von Dreu (1776), A. v. Humboldt, van Marum und Anderen angestellt, welche nach Meyen's Bericht aber keine genügende Bürgschaft für die alleinige Wirkung der Elektricität zu geben vermögen, weil bei dem Funken der Leydener Flasche die mechanische Erschütterung des Schlages selbst in Rechnung kommt, so dafs Meyen das Schliefsen der Fiederblättchen nur für eine Folge der Erschütterung ansieht und behauptet, dafs eine isolirt stehende Sinnpflanze elektrisirt keine Contractionen und erst bei Berührung mit einer hölzernen Spitze eigenthümliche Erscheinungen zeige, welche eine Einwirkung der Elektricität bekunden. Die Versuche mit der galvanischen Säule, welche jedoch nach Meyen ohne merklichen Einflufs auf die Sinnpflanze gewesen, würden sorgfältig angestellt, den Verdacht einer mechanischen Erschütterung ausschliefsen. — Einige Versuche, welche mein Freund Pflüger mit mir angestellt, zeigen nun, dafs die Mimosa pudica wirklich für elektrischen Reiz empfindlich ist.

Man verbinde die Pole der secundären Inductionsspirale so mit der Pflanze, dafs der eine Pol in die Erde des Blumentopfes gesteckt wird, während man den anderen in ein mit Wasser gefülltes Gefäfs leitet. Auf einem Stativ nähert man nun die Oberfläche des Wassers einem der zusammengesetzten Blätter bis einige Fiederblättchen dasselbe mit ihren Spitzen berühren. Zur Erregung des inducirenden Stromes bedienten wir uns eines kleinen Grove'schen Elementes, welches mit der primären Rolle des Elektromotors in Verbindung gesetzt wurde. Durch die Schwingungen der in den primären Kreis eingeschalteten Feder wurden nun fortwährend Schliefsungen und Oeffnungen des

[1] Clemens, Wirkung des Aethers und Chloroforms auf Menschen, Thiere und Pflanzen. Bern 1850. p. 27.

[2] Meyen, Pflanzenphysiologie Bd. III. p. 531.

primären Stromes hervorgebracht, also fortwährend Inductionsströme in der aufgeschobenen secundären Rolle erzeugt. Da nun die Rolle des benutzten Inductionsapparates 3816 Windungen feinen Drahtes, die primäre aber einige Hundert von mitteldickem Draht besafs und aufserdem mit wohlgefirnifsten Eisendrähten ganz erfüllt war, so gab diese Vorrichtung, wenn man durch den eigenen Körper die Pole schlofs, Schläge von niederschmetternder Kraft. Um den Strom in einem gegebenen Augenblicke ohne die geringste Erschütterung in die Pflanze einzuführen, wurde folgendes Verfahren benutzt, welches die Zoophysiologen allgemein zum Tetanisiren der Nerven und Muskeln, befolgen. Es wird nämlich zu dem zu reizenden Theile irgend eine metallene Nebenschliefsung angebracht, welche die merkwürdige Eigenschaft hat, dafs, so lange sie vorhanden ist, selbst bei den höchsten Inductionsspannungen, kein irgendwie bemerkbarer Zweigstrom entsteht. In dem Augenblick aber, wo man diese Nebenschliefsung unterbricht, indem man z. B. eine Schliefsung in Quecksilber sanft aushebt, brechen augenblicklich die mächtigen Ströme in den zu reizenden Theil hinein, ohne dafs auch nur die mindeste Erschütterung stattfinden könnte und ohne dafs in dem Spiel der schwingenden Feder die geringste Aenderung erfolgt. Sobald man also jene abblendende Nebenschliefsung entfernt und der Strom die Mimosa durchsetzt, sinken augenblicklich die Blätter, während die Fiederblättchen zusammenschlagen. Natürlich findet die Wirkung immer nur in dem Theile statt, den der Strom durchsetzt, die anderen bleiben ruhig, weil sie frei in der Luft stehen, also isolirt sind und so keinen unipolaren Wirkungen ausgesetzt sein können. Interessant ist, dafs stets die höher gelegenen Fiederblättchen zuerst anfangen, sich zu bewegen, welche Bewegung darauf nach abwärts fortschreitet. Leitet man den Strom durch ein gegebenes Fiederblättchen ein, so bewegt sich dasselbe zuerst, die Bewegung schreitet darauf vorzugsweise nach abwärts fort, indem sie nach einander die tiefer gelegenen Blätter ergreift. So kann man durch einen Streifen Löschpapier, der in das Wasser taucht, die eine Hälfte des Blattes, und zwar die untere, bestimmen, von der Mitte an ihre Blättchen zusammenzulegen, während die obere Partie in viel geringerem Grade erregt wird. Es ist freilich daran zu denken, dafs im genannten Versuch der Strom nicht die obere Hälfte berührte. Bemerkenswerth ist ferner, dafs nach der auf die elektrische Reizung schnell folgenden Erholung die Erregbarkeit der Pflanze für diesen

Reiz bedeutend abgenommen hat. — Aus diesen Versuchen geht nunmehr unzweideutig hervor, dafs die Mimosa pudica auch durch elektrische Reizung zu den ihr eigenthümlichen Bewegungserscheinungen veranlafst werden kann. Es bleiben hier indessen noch eine Reihe interessanter Fragen zu erledigen, welche dahin gehen, zu bestimmen, in welcher Art die Elektricität als Reizmittel auf diese Pflanze wirkt, ob nämlich, ähnlich wie bei den Nerven und Muskeln, hauptsächlich die Stromesschwankung jene Wirkungen hervorruft, oder ob auch der Strom in beständiger Gröfse einen Einflufs übt?

Nach Meyen soll sich der Reiz durch die Gefäfsbündel, und zwar durch die Holzzellen und Gefäfse, fortpflanzen; der entrindete Stamm bleibt reizbar, ein Durchschneiden der Gefäfsbündel hebt dagegen die Fortpflanzung des Reizes auf. Beschädigungen (durch Schwefelsäure) bewirken eine Unterbrechung desselben. Ich vermuthe, dafs Meyen bedingungsweise Recht hat, glaube jedoch, dafs nur die saftführenden Zellen des Gefäfsbündels den Reiz fortpflanzen. Wahrscheinlich werden hier die bastähnlichen Zellen, welche überall die Gefäfsbündel begleiten und sogar in den zusammengesetzten Haaren (?) wiederkehren, eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Der Saft aber findet sich im Gefäfsbündel der Pflanze in einer grofsen Spannung, er tritt aus dem durchschnittenen Stengel in grofser Menge und sehr schnell und zwar an beiden Schnittflächen hervor; ich vermuthe deshalb, dafs auch die Fortpflanzung des Reizes eine Erscheinung der Endosmose ist. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist nach Messungen von Dutrochet eine verhältnifsmäfsig langsame; in den Blattstielen 8—14 Millimètres, im Stengel 2—3 Millim. in einer Secunde[1]).

Wenn wir jetzt alles zusammenfassen, was sich über die Bewegungen der Mimosa pudica und deren Ursachen mit Sicherheit feststellen läfst, so zeigt sich:

1. Ein polsterartiges Gelenk als das Organ der Bewegung. — Ein compressibeles Rindengewebe, dessen sich gegenüber liegende Theile, durch abwechselnde Zunahme der Turgescenz für die eine und der Erschlaffung für die andere Seite als Antagonisten wirken, veranlafst die Hebung oder Senkung des von dem Gelenk getragenen Theiles, während

[1]) Da ich im Herbste, und zwar nur mit einer Pflanze, experimentirte, so konnte ich nur eine kleine Reihe von Beobachtungen anstellen, indem für manche Versuche die Witterung nicht mehr günstig war.

die biegsame Beschaffenheit der Gefäfsbündel im Gelenkpolster der Bewegung nicht entgegentritt.

2. Aeufsere Reize der verschiedensten Art wirken, wenn sie die Pflanze nicht beschädigen, in nahebei gleicher Weise auf dieselbe. Häufige Wiederholung der Reize hat für kurze Zeit eine verminderte Empfindlichkeit zur Folge. — Die Schlafbewegungen der Sinnpflanze sind den auf äufseren Reiz veranlafsten Bewegungen zwar ähnlich, aber ihnen nicht identisch.

3. Der Reiz wird durch das Gefäfsbündel fortgepflanzt und die Empfindlichkeit der Pflanze für denselben ist von der gröfseren oder geringeren Lebensthätigkeit, diese aber zum Theil von der Lufttemperatur abhängig.

Die Bewegung der Staubfäden vieler Gewächse in Folge einer Berührung (Berberis, Cistus, Parietaria u. s. w.) läfst sich zum wenigsten für Parietaria, wo dieselben zurückschlagen, ohne später wieder ihre vorige Lage anzunehmen, vielleicht als Turgescenzerscheinung, dem Aufspringen der Frucht von Impatiens ähnlich, auffassen. Der Rücken des Staubfadenträgers von Parietaria ist schon ursprünglich wie gekerbt und diese Kerben sind bei dem aufgeschlagenen Staubfaden stärker zusammengezogen. Eine sehr kräftige, zu enge Oberhaut, welche die Spannung vermehrt (wie bei Mimosa pudica und Impatiens), begünstigt auch hier die Zusammenziehung. — Bei Berberis, deren Staubfäden bei der Berührung plötzlich zum Pistille springen und ihren Staubbeutel an die Narbe legen, ist die Erklärung schwieriger, ebenso bei Parnassia palustris, wo die Staubfäden sich selbstständig nach einander und, wie A. v. Humboldt gezeigt hat, in bestimmter Ordnung erheben. Wenn man nämlich von der Rechten zur Linken, von 1 nach 5 zählt, so bewegt sich der Staubfaden 1 zuerst, indem er seine Anthere an die Narbe legt, ihm folgt der Staubfaden 3, dann 2, darauf 4 und endlich 5, was vielleicht mit der Blätterlage der Blüthe in Verbindung stehen möchte, indem sowohl beim Kelch als bei der Blumenkrone dieser Pflanze und deshalb wahrscheinlich auch beim Staubfadenkreise die Anordnung der Theile eine Blattspirale vermuthen läfst, deren Blätter in der vorhin beschriebenen Reihenfolge nach einander zur Reife kommen. Dafs diese Bewegung aber mit der Reife der Anthere in Verbindung steht, unterliegt wohl keinem Zweifel, denn sie erfolgt einzig und allein um diese Zeit. Ebenso dreht sich der Staubbeutel von Clethra arborea erst auf seinem Träger,

wenn er sich öffnen will; ein Gelenk vermittelt die Bewegung (p. 303)[1]). Auch die Antheridien der Kryptogamen öffnen sich erst zur Zeit ihrer Reife.

Die Narben von Martinia, Gratiola, Bignonia u. s. w., welche zur Zeit der Befruchtung ausgebreitet sind, legen sich bei Berührung zusammen; dasselbe erfolgt bei Torenia asiatica schon beim Betupfen mit einem Pinsel zum Zwecke der Bestäubung. Die Narben der Torenia öffnen sich einige Tage nach der Bestäubung wieder und sind nunmehr für erneute Berührung unempfindlich. Die Bewegung ist demnach hier, wie bei Parnassia, an einen ganz bestimmten Lebenszustand der Pflanze gebunden.

Aufser den Bewegungserscheinungen der Staubfäden bei Parnassia und der Staubbeutel von Clethra u. s. w., welche ohne äufsere Veranlassung selbstständig von der Pflanze ausgeführt werden und wenigstens im ersten Falle als Folge einer chemisch-physikalischen Thätigkeit (als Lebenserscheinung) der Pflanze selbst aufgefafst werden müssen, giebt es noch andere scheinbar freiwillige Bewegungen, z. B. der Blätter von Hedysarum gyrans, wo das gröfsere Endblatt des aus 3 Einzelblättern zusammengesetzten Blattes sich im Sonnenlicht der tropischen Zone bewegt, dagegen bei bedecktem Himmel ruht (A. v. Humboldt), bei uns aber nur die gewöhnlichen Schlafbewegungen ausführt, während die kleinen Seitenblättchen sich bei hinreichend warmer, feuchter Luft auch in unserem Klima Tag und Nacht abwechselnd heben und senken und selbst an abgeschnittenen Zweigen nicht zur Ruhe kommen. Gelenkpolster bilden hier, wie bei Mimosa pudica, die Bewegungsorgane.

Wenn wir nun auch für sehr viele Fälle die erste Ursache der Bewegungen im Pflanzenreiche noch nicht erklären können, so ist zum wenigsten doch der Mechanismus der Bewegungsorgane so ziemlich bekannt und lassen sich die Erscheinungen selbst, zum gröfsten Theil, als Spannungsphänomene, entweder durch eine ungleichseitige Zusammenziehung der Theile beim Austrocknen, oder durch örtliche Turgescenz und Erschlaffung eines bestimmten parenchymatischen Gewebes auffassen, welche wahrscheinlich durch Diffusion vermittelt werden und unter

[1]) Wydler, Verstäubungsfolge der Anthere von Saxifraga und Dianthus. Flora 1853. p. 24.

[1]) Meyen berichtet sehr ausführlich über alle von ihm und anderen Beobachtern angestellte Versuche, ohne jedoch die Erscheinungen erklären zu können. Ich hatte bis jetzt nicht Gelegenheit Hedysarum selbst zu beobachten.

dem Einflufs des Gesammtlebens der Pflanze stehen. Muskeln und Nerven, welche in den höheren Thierklassen die Bewegungen vermitteln, fehlen der Pflanze; die Bewegungserscheinungen in den höheren Gruppen des Pflanzenreiches können deshalb nicht wohl mit den willkürlichen Bewegungen im Thierreich, die unter dem Einflufs des Sensoriums stehen, verglichen werden.

Die Pflanzenkrankheiten und deren Ursachen.

§. 89. Die Krankheiten der Pflanze sind Störungen oder Unregelmäfsigkeiten im normalen Lebensgange der Gewächse; sie können, wie ihre Ursachen, localer, aber auch allgemeiner Natur sein und sowohl nach den letzteren, als auch nach der Art der Pflanze in verschiedener Weise in die Erscheinung treten.

Wir besitzen eine grofse, aber im Allgemeinen ziemlich unerquickliche, Literatur über die verschiedensten Krankheiten der Nutzgewächse, in der häufig mehr Theorieen als Thatsachen vertreten sind. Nun ist es allerdings in vielen Fällen schwer, eine bestimmte Krankheit und deren Ursache richtig zu erkennen, weil dazu vor allen Dingen eine genaue Bekanntschaft mit den normalen Verhältnissen einer gegebenen Pflanze erforderlich ist; wo kennten wir aber bis jetzt auch nur eine einzige Nutzpflanze, sowohl anatomisch als auch physiologisch, hinreichend genau, wo hätte man auch nur eine einzige durch alle Lebensphasen und unter den verschiedensten Verhältnissen erforscht und ihr abzulauschen versucht, wie sie normal leben will und mufs? Unsere im Allgemeinen noch sehr geringe Kenntnifs vom normalen Leben der Gewächse ist zum grofsen Theil Schuld daran, dafs wir die abnormen Zustände derselben noch viel weniger kennen. Die Vorliebe zu Generalisiren hat andererseits viel geschadet, wobei häufig Ursache und Wirkung verwechselt wurde; endlich aber sind die Land- und Forstwirthe oder die Gärtner, welche die beste Gelegenheit und zugleich den Beruf haben, die Pflanzenkrankheiten zu studiren, sehr selten zu gleicher Zeit auch Pflanzenanatomen und Physiologen, die letzteren aber haben noch seltener Gelegenheit, neben den normalen Verhältnissen auch die krankhaften Erscheinungen einer gegebenen Pflanze durch die verschiedenen Entwickelungszustände auf dem Acker oder im Walde selbst zu verfolgen. Studien über das Leben und somit auch über die Krankheiten der Gewächse lassen sich aber nicht im Zimmer allein anstellen, sie müssen zunächst auf dem Acker und im Walde gemacht werden. Die Ansichten über bestimmte Krankheiten der Gewächse und deren Ursachen sind deshalb noch vielfach sehr getheilt, noch weniger aber hat man Mittel zur Abhülfe derselben gefunden. Bei den zahlreichen, durch atmosphärische Einflüsse veranlafsten, Uebeln ist, da man über die Ursache keine Gewalt hat, auch keine directe Abhülfe möglich, man kann nur zu ermitteln versuchen, welche Bedingungen die Krankheit schwächen oder vermehren, um danach seine Mafsregeln zu nehmen. Der experimentelle Theil der Pflanzenphysiologie liegt überhaupt noch sehr im Argen; mit der Chemie und mit den Erfahrungen der Praxis verbündet, dürfte man aber auch hier Aufschlüsse und vielleicht in vielen Fällen Abhülfe erwarten. — Diejenigen Krankheiten, welche durch Pilze veranlafst werden, kennen wir, insbesondere durch die Bemühungen v. Mohl's (über die Weinkrankheit) und Tulasne's, sowie de Bary's (über die Brandpilze u. s. w.), am besten; ich selbst habe mich vielfach mit der normalen und abnormen Lebensweise verschiedener Pflanzen be-

schäftigt und werde mich deshalb im Folgenden zunächst an meine eigenen Beobachtuugen halten[1]).

Der erste, d. h. der ursprüngliche, Grund sämmtlicher Pflanzenkrankheiten ist, wie ich glaube, immer in äufseren Veranlassungen zu suchen, er liegt vielleicht niemals in der Pflanze selbst. Was wir bei Culturpflanzen Entartungen nennen, sind Veränderungen im normalen Lebensgange, durch Umstände hervorgerufen, welche dem Gedeihen des Gewächses ungünstig waren. Alle Culturpflanzen sind, wenn sie durch die Cultur in irgend einer Weise verändert wurden, ideel mehr oder weniger entartet und diese Entartung vermehrt sich mit der Dauer der abnormen Verhältnisse (Bd. I. p. 426).

Der Landwirth verlangt, wie es in der Natur der Sache liegt, den gröfsten Ertrag von seinem Acker, und wendet alle ihm bekannte Mittel an, um selbigen zu erzielen; er düngt, um der Pflanze Bodennahrung zu geben, mit organischen und mineralischen Substanzen, und zwingt dieselbe dadurch häufig zu einer gröfseren Production als ihr normal ist. Eine reichliche Zufuhr stickstoffreicher Bestandtheile erhöht nun in den meisten Fällen sowohl die Quantität als auch die

---

1) Zur Literatur über die Pflanzenkrankheiten im Allgemeinen:

de Bary, Brandpilze. Berlin 1853.
A. Braun u. Caspary, über einige neue Krankheiten der Pflanzen. Berlin 1854. — Braun, Spelzenrost des Roggens. Bot. Zeit. 1846. p. 801.
Knight, Philosophical Transactions. London 1795.
J. Kuhn, das Befallen des Rapses durch Sporidesmium exitiosum Kuhn, Bot. Zeit. 1856. p. 89. — Ders., das Erkranken der Möhren. Bot. Zeit. 1856. p. 105. — Ders., die Krankheiten der Culturgewächse. Berlin 1858.
Meyen, Pflanzenpathologie. Berlin 1841.
v. Mohl, die Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter durch Septoria mori. Bot. Zeit. 1854. p. 761.
Queckett, das Mutterkorn der Gräser. Transact. of the L. S. (Bot. Zeit. 1853.)
Rabenhorst, Krankheit der Maulbeerblätter. Bot. Zeit. 1854. p. 904.
Regel, die Schmarotzergewächse und die mit ihnen in Verbindung stehenden Krankheiten. Bot. Zeit. 1854. p. 695.
Reisseck, über die Fäulnifs der Mohrrüben. Sitzungsbericht der Akademie zu Wien 1852.
Stein, über die Schütte. Flora 1853. p. 15.
Treviranus, über den Spelzenbrand des Roggens. Bot. Zeit. 1846. p. 629. — Ders., Taschenförmige Bildungen der Pflaumen. Bot. Zeit. 1846. p. 641.
Tulasne, Mémoire sur l'Ergot des Glumacées. Annales des sciences 1853. — Ders., sur les Uredinées et Ustilaginées. Annales des sciences 1854.
Unger, Pilze an Nadelhölzern beobachtet. Bot. Zeit. 1847. p. 249. — Ders., die Exantheme der Pflanze. 1833. — Ders., Beiträge zur vergleichenden Pathologie, ein Sendschreiben an Prof. Schönlein. 1840.
Weck, zur Pflanzenpathologie. Verhandl. des Vereins preufsischer Rheinlande von Budge. 1854.
v. Wernek, Versuch einer Pflanzenpathologie und Therapie. 1807.

Qualität der geernteten Früchte, allein sie hat auch häufig eine Ueberreizung der Pflanze zur Folge, welche geiler emporschiefst und dann oftmals für ungünstige atmosphärische Verhältnisse ungleich empfindlicher ist, oder deren saftreiche Theile durch gröfseren Stickstoffgehalt unter gegebenen Umständen leichter der Fäulnifs verfallen. Anderentheils ist eine zu häufige Wiederkehr derselben Pflanze auf demselben Acker Schuld der Entartung. Da wir nun wissen, dafs jedes Gewächs ganz bestimmte mineralische Stoffe in einer ebenso bestimmten Menge zu seinem Gedeihen bedarf und selbige aus dem Boden nehmen mufs, diese also dem Acker entzieht, so ist es die eigentliche Aufgabe des Landmannes, beim Fruchtwechsel solche Pflanzen zu wählen, deren Bedürfnisse an mineralischen Stoffen wesentlich von einander verschieden sind, worüber die Aschenanalysen derselben Auskunft geben. Mit der Entziehung mineralischer Stoffe durch eine bestimmte Pflanze geht aber der Einflufs der Beschattung des Bodens durch dieselbe Hand in Hand. Halmfrüchte mit schmalen, senkrecht stehenden, Blättern beschatten den Boden nur wenig, Gewächse dagegen mit üppiger dichter Belaubung und wagerecht liegenden Blättern gewähren einen trefflichen Schutz vor den austrocknenden Einflüssen der Sonne und des Windes, sie erhalten dem Boden die einmal vorhandene Feuchtigkeit und vermehren dieselbe durch eine reichliche Thaubildung, welche schon mit dem Eintritt des Abends beginnt (Onobrychis, Lupinus, Hedysarum, Medicago). Die Verwitterung und Verwesung dauert so im feucht erhaltenen Boden fort und durch dieselben mehrt sich dessen Fruchtbarkeit, während umgekehrt eine nur wenig Schatten gewährende Pflanze nicht allein durch Austrocknung die Verwitterung und Verwesung hindert, sondern auch durch directe Einflüsse der Sonnenwärme und des Windes die flüchtigen Verwesungsstoffe, eine Hauptquelle der Stickstoffnahrung, für die Pflanze entführt. Der so günstige Einflufs der Lupine auf den Boden ist gewifs zum grofsen Theil in der reichlichen Blattbildung und in der durch sie veranlafsten Beschattung zu suchen. Im Walde zeigt sich dasselbe; die Kiefer wird, wenn sie ein gewisses Alter erreicht hat und sich astrein macht, niemals den Boden verbessern; während die Tanne, Fichte und Buche, als Schattenbäume im dichten Bestand gezogen, die Humusdecke des Bodens mit jedem Jahre vermehren. Ein Wechsel von Blatt- und Halmpflanzen ist deshalb ebenso wichtig, als ein Wechsel solcher Gewächse, die auf verschiedene mineralische Nahrung Anspruch machen.

Die ersten Ursachen der Krankheiten unserer Culturpflanzen im Grofsen sind deshalb zunächst zweierlei: 1. eine zu reichliche Ernährung, eine Uebercultur, und 2. eine zu geringe oder unrichtige Ernährung, eine Untercultur. Im Kleinen sehen wir bei den Gartengewächsen dasselbe, auch diese kränkeln häufig, weil wir ihnen, wenn sie einem tropischen Himmelsstriche angehören, oftmals künstlich nicht diejenigen Verhältnisse bieten können, welche sie zum normalen Gedeihen verlangen. Wo dies gelingt, wie es der Pflege und Sorgfalt der Gärtner mit der Zucht tropischer Orchideen wirklich gelungen ist, da vegetiren auch bei uns fremde Gewächse vortrefflich. So gedeihen auch die Nelumbium-Arten und viele tropischen Nymphaeaceen, welche zunächst eines erwärmten fliefsenden Wassers bedürfen, in den künstlichen Teichen des mit vielem Geschmack angelegten Borsig'schen Gartens zu Moabit bei Berlin, welche durch das warme Abflufswasser der Dampfkessel gespeist werden, vortrefflich, und könnte man über ihren Anblick das nördliche Klima vergessen. Aber keinem Gärtner würde es einfallen, tropische Orchideen im erwärmten Boden allein ziehen zu wollen, für sie, und namentlich für die an den Bäumen kletternden Arten, ist eine feuchte warme Luft, wie sie die Schluchten des tropischen Urwaldes bieten, nothwendig.

Eine grofse Anzahl unserer Gewächshauspflanzen kränkelt, weil 1. häufig Pflanzen, aus sehr verschiedenen Ländern und Klimaten stammend, in demselben Raum vereinigt sind, dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse unmöglich allen gleich gut zusagen können, und 2. Mangel an Raum, namentlich zur Winterzeit, die freie Entwickelung hindert. Wer Gelegenheit hatte, tropische Pflanzen in ihrem Vaterlande oder auch nur da kennen zu lernen, wo sie, obschon nicht einheimisch, dennoch im Freien fortkommen und oftmals verwildert sind, der wird dieselben Gewächse, wenn er sie in unseren Warmhäusern wiederfindet, häufig kaum zu erkennen vermögen. So hat der Drachenbaum (Dracaena Draco) unserer Gewächshäuser, welcher nicht zur Blüthe kommt und sich deshalb auch nicht verzweigt, kaum eine Aehnlichkeit mit den riesenhaften, eine mächtige Zweigkrone bildenden, Exemplaren desselben Baumes auf den atlantischen Inseln.

Was wir Entartung nennen, sind deshalb, wie ich glaube, zunächst Folgen ungünstiger Verhältnisse, welche die Pflanze vom normalen Lebensgange abführen und mehr und mehr einen krankhaften Zustand derselben einleiten. Ich glaube nicht an eine freiwillige,

d. h. von den äufseren Umständen unabhängige, Entartung; wohl aber mag der Same oder das Pfropfreis einer kränkelnden Pflanze wieder eine schwächliche Nachkommenschaft bringen, die unter ungünstigen Verhältnissen noch tiefer herabsinken wird, umgekehrt aber, in günstige Bedingungen gebracht, sich, wie die Erfahrung lehrt, wieder erholen kann. Wer kennt eine Entartung der wilden Gewächse, z. B. der sogenannten Unkräuter oder derjenigen Pflanzen, welche unter ihnen günstigen Verhältnissen leben? Die Batate (Convolvulus Batatas), auf Madeira und den Canaren vielfach gebaut, ist dort noch von keiner Krankheit befallen worden; die Banane aber, die sich nur durch Knospen vermehrt, gedeiht das eine Jahr so gut als wie das andere.

Wenn wir nun weiter die verschiedenen Krankheiten der Pflanzen betrachten, so haben wir locale und allgemeine zu unterscheiden. Die ersteren können durch äufsere Verletzungen mancherlei Art, aber auch durch Schmarotzerpflanzen, desgleichen durch Thiere, welche bestimmte Theile derselben zu ihrer Nahrung wählen, hervorgerufen werden und bisweilen, wenn die Eingriffe in das Leben sehr heftig sind, eine allgemeine Erkrankung zur Folge haben. Die anderen dagegen beruhen zunächst in kosmischen Verhältnissen; plötzliche Temperaturschwankungen, grofse Nässe oder grofse Dürre, heftige Winde, Frost u. s. w. sind dann die Ursachen, und will ich versuchen hierfür einzelne Beispiele anzuführen.

Zu den äufseren zufälligen Verletzungen gehört das Rindenschälen des Wildes, welches den jungen Tannen- und Fichtenbeständen so vielen Schaden verursacht. Jede Verletzung der Rinde des Baumes, die bis zum Holzring geht, ist, wenn sie eine bedeutende Ausdehnung erreicht, immer gefährlich, indem, wie die schönen Versuche von Hartig[1]) und Trécul[2]) über die Reproduction der Rinde beweisen, nur unter Abschlufs der Luft eine neue Rindenbedeckung für den verletzten Theil entsteht. Durch Glas oder Kautschouk vor der Verdunstung geschützt, bildet sich hier durch den zurückgebliebenen Theil der Cambiumschicht eine neue secundäre Rinde, welche, durch Korkschichten äufserlich geschützt, alsbald der künstlichen Bedeckung nicht mehr bedarf (p. 79). Sogar die Rinde erzeugt, wo sie nur vom

---

[1]) Hartig, Entwickelung des Jahresringes der Holzpflanzen. Bot. Zeitung 1853. p. 553. — Desgleichen Hartig's Forstbotanik.

[2]) Trécul, Reproduction du bois et de l'écorce. Annal. d. scienc. 3e Série. XIX. und mehrere folgende Aufsätze in den Annales des sciences.

Holz stellenweise getrennt, aber sonst mit dem Stamm in Saftverbindung geblieben, durch die ihr anhängenden Theile der Cambiumschicht, unter günstigen Verhältnissen neue und oftmals höchst interessante Holzbildungen. Ja Hartig glaubt sogar, dafs sich aus den Markstrahlen des frischen Holzes (Splintes) ein neues Bildungsgewebe entwickeln könne. (?) Bleibt aber die durch Entrindung entstandene Wunde unbedeckt, so vernarben sich nur ihre Ränder, allein die Bildung einer neuen Rinde unterbleibt, weil das zarte Cambiumgewebe vertrocknet ist. Das Vermögen der Bäume Wunden zu vernarben ist überhaupt verschieden; die Buche besitzt dasselbe in einem höheren Grade als die Eiche, welche, wenn ihr Aeste genommen werden, nur langsam und schwierig die Stumpfe überwallt, während solche bei der Buche viel schneller und vollkommener geschlossen werden. Die Eiche wird deshalb viel leichter hohl als wie die Buche; der Regen sammelt sich in den verletzten Stellen und führt eine Fäulnifs des Holzes herbei, die oftmals den späteren Untergang des Baumes zur Folge hat. Ja sogar der Stamm der Fichte, welche, wie alle mit Harz durchtränkte Hölzer, länger der Fäulnifs widersteht, wird durch schlecht ausgezogene Harzscharren, in welchen sich das Regenwasser sammeln kann, gefährdet (p. 82). Unsere Kopfweide aber, in der Regel aus einem seiner Spitze beraubten Steckling gezogen, trägt damit schon den Grund zum Hohlwerden ihres Stammes in sich selbst und entgeht wohl selten ihrem Schicksal. Die Kernfäule, Rothfäule und Weifsfäule des Holzes sind nur verschiedene Formen der meistens von Pilzen begleiteten Fäulnifs des Holzes.

Wie der Baum seine Rindenverletzungen, so überwindet auch die krautartige Pflanze äufsere Beschädigungen leichter oder schwieriger und in verschiedener Weise; Kork ist überall das Vernarbungsgewebe. Die angeschnittene Kartoffel bedeckt durch Korkbildung ihre Wunde; eine gehemmte Verdunstung der Schnittfläche erleichtert auch hier die Vernarbung. Der saftreiche Stengel der Opuntia, dessen Gewebe die Feuchtigkeit sehr fest hält, vernarbt dagegen auch im grellsten Sonnenschein seine Wunden, ja man pflegt sogar die als Stecklinge zur Cochenillezucht bestimmten zweijährigen Zweige dieser Pflanze auf Tenerife für 3—4 Wochen auf die Mauern in den Sonnenschein zu legen, damit die Zweige etwas Saft verlieren und Zeit zur Vernarbung gewinnen, wogegen die Stecklinge, frisch abgebrochen, im feuchten Boden leicht verfaulen.

Alte Opuntienzweige leiden, ob in Folge äufserer Verletzungen (?), häufig an dem Ausflufs eines traganth-ähnlichen Gummis, der selten zu heilen ist und immer weiter um sich greift. Unsere Pflaumen- und Kirschbäume haben namentlich an der Veredelungsstelle von demselben Uebel, am Gummiflufs, zu leiden, das gleichfalls in der Regel unheilbar erscheint. Ein geringer Harzausflufs vieler Nadelbäume (Picea, Larix) ist dagegen, wie ich glaube, kaum als eine Krankheit zu betrachten; die Pflanze entledigt sich hier nur der für sie überflüssigen Secrete. Dem Drachenbaum (Dracaena Draco) entquillt bei der Vernarbung erhaltener Verletzungen ein rother, harzartiger Saft, das sogenannte Drachenblut, welches fertig in keinem Theile der Pflanze, der überhaupt alle Harz- und Gummigänge fehlen, vorkommt und sich erst während der Vernarbung bildet. Etwa 6—8 Tage nach der Verletzung beginnt dieser Ausflufs und verschwindet wieder mit der erfolgten Vernarbung.

Nach dem Grade der Verletzung und nach dem Einflufs des von ihm getroffenen Theiles auf das Gesammtleben der Pflanze, desgleichen nach dem Grade der Vernarbungs- und Reproductionsfähigkeit der letzteren, ist natürlich die Gefahr äufserer Verletzungen und Verstümmelungen für das Leben der Pflanze sehr verschieden.

Die vollständige Entlaubung der Bäume durch Raupenfrafs wird wohl selten oder niemals in einem Jahre einen Baum ertödten; wenn sie dagegen oftmals wiederkehrt, so wird sie für denselben, durch die Entziehung der zur Aufnahme der Luftnahrung und der Respiration wesentlichen Organe sehr nachtheilige Folgen hinterlassen; und ebenso mufs auch die Traubenkrankheit durch den Verlust der Blätter nachtheilig auf den Weinstock wirken. Viel schädlicher dagegen ist der Verlust der Knospen. Das Wild, welches im Winter die Knospen der Bäume abfrifst, läfst bekanntlich keine junge Baumanpflanzung aufkommen; die Bäumchen bleiben krüppelig und erheben sich selten. Verletzungen der Wurzel sind nicht minder schädlich, so sterben krautartige Gewächse, deren Wurzeln von Engerlingen benagt wurden, gar häufig in Folge dieser Beschädigungen.

Locale Krankheiten, durch Schmarotzerpflanzen veranlafst, können unter Umständen sehr gefährlich werden. Hier sind namentlich die ächten parasitischen Pilze, welche sich in die lebenden Zellen einnisten und deren Säfte verzehren, als arge Feinde der Gewächse zu nennen. Diese ungebetenen Gäste rufen bisweilen eine solche Verän-

derung im normalen Lebensgange der Pflanze hervor, dafs selbige sogar ihren Habitus ändert, wofür Euphorbia Cyparissias von Aecidium befallen, das schlagendste Beispiel liefert. Die Veränderungen des Fruchtknotens der Gräser, die wir als Mutterkorn bezeichnen, durch einen anderen Pilz, den Claviceps (p. 188), sowie die Zerstörungen durch die Brandpilze überhaupt, sind zu auffallend und in ihren Folgen für die Pflanzen zu verderblich, als dafs man nicht seit lange nach ihnen gefahndet hätte; allein erst Tulasne und de Bary haben hier ein rechtes Licht verbreitet, indem sie genannte Pilze durch ihre verschiedenen Lebensphasen genauer verfolgten und selbige als die Urheber des Brandes, des Mutterkorns u. s. w. nachgewiesen haben. Ich hatte Gelegenheit vor einigen Jahren das Aecidium pini, welches im saftigen Rindengewebe lebt und den Kieferwäldern Thüringens Gefahr droht, desgleichen das Aecidium columnare, das gern auf der Nadel junger Tannen nistet und deren Absterben herbeiführt, zu studiren[1]). Beide Schmarotzerpilze bilden ein aus zahlreichen Gliederfäden bestehendes Mycelium, das bei A. pini bis zum Cambium des Kiefernzweiges vordringt, bei A. columnare aber das ganze Gewebe der Tannenadel durchzieht. Die Fructification beider Pilze bricht bei dem ersteren aus der Rinde, bei dem zweiten aus der Blattepidermis hervor. Das Aecidium columnare geht nicht auf die Zweige und in die Rinde; das A. pini dagegen dagegen befällt, wie es scheint, niemals die Nadeln; im saftigen Gewebe der Rinde nistend und sich dort immer weiter verbreitend, wird es namentlich jungen Beständen gefährlich, dazu bringt die Unzahl der leicht keimenden Sporen den jungen, noch nicht durch Periderma geschützten Zweigen immer neue Gäste.

Der Pilz, welcher die Krankheit der Rebe veranlafst (das Oïdium Tuckeri), dringt zwar nicht in das Innere der Zellen, sondern bleibt auf der Oberhaut der jungen Weinbeere und des Blattes, legt sich aber mit besonderen Saugorganen fest an dieselbe (Fig. 286), so dafs unterhalb dieser Haftorgane die Oberhautzellen braun werden und ihren Saft verlieren, das Absterben der Oberhaut aber die weitere Ausbildung der Weinbeere und des Blattes verhindert. Zwar wachsen beide eine Zeit lang, vom Stamm aus ernährt, allein, da die abgestorbene, nicht mehr dehnbare Oberhaut der Beere der Ausdehnung der

[1]) Protokoll der sechsten Versammlung der Forstwirthe aus Thüringen. Sondershausen 1856. p. 44—46.

inneren Theile nicht mehr folgen kann, so entstehen Risse, welche in unserem Klima, bei feuchter Witterung, faulig werden, im trockenen Sommer Madeiras aber das Austrocknen der erkrankten Beere befördern, so dafs die ganze Traube verdorrt noch bis zum Herbst am Stocke hängt. Die Blätter des Weinstockes aber, welche meistens an der Unterseite stärker befallen und überdies anfänglich nur stellenweise den Pilz ernähren, werden, ehe sich derselbe über ihre ganze Fläche ausbreiten kann, weil die erkrankten Partieen hinter den gesunden im Wachsthum zurückbleiben müssen, kraus und buchtig und vertrocknen zuletzt gleich den Beeren. Wenn der Pilz, wie in der Regel, bald nach der Blüthe erscheint, so ist die Einwirkung desselben am verheerendsten, weil jetzt die junge Beere und das noch jugendliche Blatt, mit einer zarten Oberhaut versehen, seinem Angriff nur geringen Widerstand bieten, wogegen eine schon halb ausgewachsene Beere mit mehr entwickelter Oberhaut, desgleichen ein weiter ausgebildetes Blatt zum wenigsten nicht in dem Mafse von seinem Angriff leiden, und Trauben, welche Ende Mai zu Funchal in eine Leimauflösung getaucht wurden, durch das sich bildende Leimhäutchen vollständig von ihm verschont blieben. Die Dehnbarkeit des Leimüberzuges verhinderte das normale Wachsthum und Reifen der Beere nicht, während an demselben Stocke andere nicht mit Leimwasser behandelte Trauben eine Beute des Pilzes wurden. Das viel empfohlene Bestreuen der Rebe mit gepulvertem Schwefel kann wohl nur bei Anwendung von Schwefelblüthe und zwar durch die derselben anhängende Schwefelsäure wirksam sein; der gepulverte Schwefel dagegen liegt neben dem Pilz und ohne ihn zu behindern auf den Blättern,

Fig. 286.

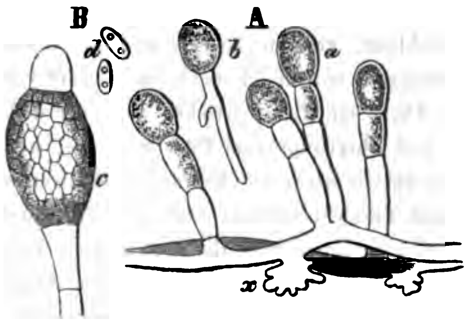


Fig. 286. Der Traubenpilz. *A* Unter der Form des Oidium Tuckeri, wie ich denselben auf Madeira beobachtet habe, *a* die sich ablösenden Oidium-Sporen, *x* das Haftorgan des Pilzes, *b* eine keimende Oidium-Spore. *B, c* Die Cicinobolus-Frucht des Traubenpilzes, nach v. Mohl's Abbildung copirt, *d* die Sporen derselben. (*A* ist 400mal, *B* 450mal vergröfsert.)

wie ich in St. Cruz de Tenerife und zu Cadiz gesehen habe. Das Oïdium Tuckeri macht den Rebenstock direct nicht krank, es schadet ihm nur indirect durch den Verlust der Belaubung. Der Weinstock, welcher im Jahre vorher Blätter und Trauben durch den Pilz verloren, schlägt im kommenden Frühjahr wieder aus und kann, wenn die Bildung des Pilzes unterbleibt, gesunde Zweige und im Herbst wohl ausgebildete Trauben bringen, wovon ich mich auf Madeira vielfach überzeugt habe. Der Theil der Rebe, welcher auf oder dicht über der Erde liegt, bleibt dort überhaupt vom Pilz verschont, während der einige Fuſs über dem Boden erhobene Theil desselben Zweiges, von ihm befallen, Blätter und Trauben verliert, was vielleicht durch die gröſsere Erwärmung der dicht über dem Boden liegenden Luftschicht zur Tageszeit und die stärkere Erkältung derselben zur Nachtzeit zu erklären wäre, sich übrigens auch auf Tenerife, desgleichen in Portugal und Spanien bewährt hat. Die Rebenstöcke auf Madeira sind keineswegs durch die Weinkrankheit, sondern nur in Folge vernachlässigter Cultur, weil man seit 1852 keine Weinernte gehabt, und durch die Anlegung der Zuckerfelder, deren tägliche, sehr starke Bewässerung von den Wurzeln des Weinstockes nicht vertragen wurde, ausgegangen. Die Weinkrankheit hat nämlich auf Madeira seit 1852 die Weinernte gänzlich vernichtet. Sie ist jedoch schon früher auf der Insel unter demselben Namen (Mangra, Mehlthau) vorgekommen und hat schon damals vielen Schaden angerichtet, wie alte Pachtcontracte von Calheta, westlich von Funchal, beweisen. Auch in Portugal will man dasselbe Uebel schon vor mehr als 50 Jahren, jedoch in geringer Ausdehnung, gekannt haben. Auf Tenerife zeigte sich die Krankheit ein Jahr später als auf Madeira, war auch nicht in gleichem Maſse verheerend, und auf Gran Canaria, wo man den Wein nicht an Gelenden, sondern sehr kurz gehalten, auf Feldern ohne Stöcke zieht, hat sie bis jetzt am wenigsten geschadet. — Man kennt mehrere Fructificationsformen des Traubenpilzes, aber leider noch nicht die Weise und den Ort, wo derselbe überwintert [1]). Ich glaube nicht, daſs man irgend wie berechtigt ist, eine vorhergehende Erkrankung des Weinstockes anzunehmen, denn die junge Beere und das Blatt erscheinen vor der Ankunft des Pilzes vollkommen gesund und ohne gelbe oder braune Flecken, ja letztere sind häufig, wenn schon der Pilz seine Fäden,

[1]) Man vergleiche meinen Bericht über die Vegetation auf Madeira und Tenerife p. 44—58.

einer Spinne ähnlich, über die Oberhaut verbreitet hat, noch nicht erkennbar, erscheinen auch immer zuerst an der Stelle, wo das Haftorgan des Schmarotzerpilzes die Oberhaut berührt und wahrscheinlich ihre Säfte entführt; von diesen Stellen aus schreitet alsdann das Absterben der Oberhaut weiter. In Madeira sind sowohl junge als alte Weinanlagen und sämmtliche Rebensorten befallen, nur der Sercial mit dickerer Oberhaut hielt sich im ersten Jahre des Auftretens der Krankheit etwas besser als die übrigen Sorten.

Diejenigen Pilze, welche ohne besondere Haftorgane auf der Oberhaut der Blätter u. s. w. leben und niemals ihre Fäden in das Innere der sie ernährenden Pflanze schicken, scheinen für die letztere weniger nachtheilig zu sein; ein dumpfiger Standort und ein kränklicher Zustand des Gewächses mögen namentlich ihr Gedeihen befördern. Die Blätter der alten Lorbeerbäume sehr dunkler Waldschluchten auf Madeira und Tenerife sind oft mit einem schwarzen, aus gegliederten Pilzfäden bestehenden Anflug bedeckt, der sich auch auf den dumpfig stehenden Orangenbäumen vielfach findet und unseren Gärtnern gleichfalls bekannt ist. Auch der sogenannte Mehlthau, ein Pilzanflug, auf den Blättern, findet hier seine Stelle. Ebenso sind Flechten und Moose, welche den Stamm vieler Bäume bekleiden, nicht als Schmarotzer zu betrachten, sie schaden überhaupt dem Baume nicht, da sie sich nur von den Zersetzungsproducten seiner bereits abgestorbenen Rinde nähern, doch sind die Flechten häufig ein Zeichen der kränklichen Beschaffenheit des Baumes; in einem kräftig vegetirenden Bestande, findet man sie selten. Die Moose und Laubmoose aber, welche vorzugsweise in dunkelen feuchten Wäldern auf der Rinde leben, darf man keinenfalls für Feinde, wohl aber für Begleiter gewisser Pflanzen halten.

Weniger schädlich als die ächten Pilzschmarotzer, deren zahllose Sporen und rasche Entwickelung in kürzester Zeit dem Uebel eine

---

[1]) Zur Literatur über die Weinkrankheit:

Bouché, Mittel gegen die Krankheiten des Weinstocks. Bot. Zeit. 1853. p. 662. — Flora 1852. p. 547.

v. Mohl, die Traubenkrankheit. Bot. Zeit. 1852. p. 9. — 1853. p. 585. — 1854. p. 369.

Schacht, Madeira und Tenerife mit ihrer Vegetation. Berlin 1858. p. 52—58.

v. Spreckelsen, neues Verfahren die Wein- und Rosenkrankheit durch Schwefelblüthe zu vernichten. Hamburg 1858.

Tulasne, sur le champignon, qui cause la maladie de la vigne. Compt. rendus XXXVII. 1853.

ungeheuere Verbreitung geben und so die anfänglich locale Erscheinung bald zu einer allgemeinen Krankheit umgestalten, sind die parasitischen Gewächse höherer Ordnung (Thesium, Melamyrum, Orobanche, Cuscuta, Viscum, Loranthus, Rafflesia, Balanophora u. s. w.). Der schädliche Einfluſs dieser Parasiten auf die Nährpflanze richtet sich ganz nach der Zahl und Angriffsweise der Schmarotzer. Orobanche ramosa und Cuscuta epilinum können, wo sie in groſser Menge ein Hanf- oder Leinfeld befallen, demselben viel Schaden thun. Auch die Mistel kann, wenn sie in groſser Anzahl auf einem Baume vorkommt, denselben sehr beeinträchtigen. So kannte ich einen alten Ahorn im Rauthal bei Jena, nahe dem Dorfe Closewitz, der viele Hundert groſser Mistelbüsche ernährte und durch selbige im Winter wie belaubt erschien und dessen Aeste durch eben so viele, oft wunderlich gestaltete, Holzanschwellungen verunstaltet waren, da sowohl Viscum als auch Arceuthobium eine örtliche Holz- und Rindenvermehrung der Nährpflanze zur Folge haben; der Baum selbst war seinem Absterben nahe[1]). Die Mistel und wahrscheinlich auch andere ihr verwandte Schmarotzer vermehren sich durch Wurzelausschlag unter der Rinde, sie schaden der Nährpflanze durch Saftentziehung und sind entweder in der Wahl derselben beschränkt (Loranthus soll nur auf Eichen und Citinus nur auf den Cistus-Arten vorkommen), oder durchaus nicht wählerisch (Viscum album ist auf fast allen Wald- und Obstbäumen, Nadel- und Laubhölzern beobachtet worden; auf der Eiche erscheint es nur sehr selten und für die Buche ist es mir gar nicht bekannt).

Verletzungen durch den Legestachel bestimmter Insecten, welche ihre Eier in die gemachte Wunde legen, haben oftmals eigenthümliche Wucherungen des Zellengewebes zur Folge, welche zum Theil als Gallápfel bekannt sind. Die Fortdauer des Reizes während der Ausbildung der Eier scheint hier eine Hypertrophie der Gewebe zu veranlassen. Die Ausbildungsweise und die Formen dieser Geschwülste sind aber ebenso sehr nach den Pflanzen als nach dem Theile derselben, desgleichen nach der Art des Insectes, das sie veranlaſste, verschieden. So wird die Eichenknospe, wenn sie vor dem Entfalten von einer Gallwespe angestochen worden, indem sämmtliche Theile der Zweiganlage sich hypertrophisch entwickeln, zu einer groſsen einer noch geschlossenen Blume vergleichbaren Anschwellung. Aehnliche Verände-

[1]) Ich besitze eine genaue Zeichnung dieses Baumes, der leider vor einigen Jahren geschlagen ist.

rungen sind für die Knospe der Fichte, durch den Stich von Chermes abietis als Mifsbildungen bekannt, welche im frischen Zustande einer gelben Himbeere gleichen. Eine genaue Untersuchung der Entwickelung und des Baues der verschiedenen, durch Insectenstiche veranlafsten, Anschwellungen der Pflanzengewebe möchte noch manches Interessante ergeben. — Derartige Beschädigungen sind übrigens für die Pflanze selbst nur von localer Wirkung und deshalb weniger schädlich als die Borkenkäfer und solche thierischen Gäste, welche im saftführenden Gewebe der Rinde des Stammes und der Zweige ihre Wohnung nehmen und dort oft tödtliche Verheerungen anrichten.

Während man im Allgemeinen die Blattläuse, und mit Recht, für Feinde der Culturpflanzen erklärt und sie sorgfältig zu entfernen sucht, cultivirt man in den warmen Ländern das zu ihnen gehörige Cochenillen-Insect (Coccus Cacti) mit vorzüglicher Sorgfalt. Dasselbe gedeiht nur auf den jungen Zweigen der Opuntia und beschädigt dieselben nicht wenig, so dafs ein Zweig, der einmal eine Zucht getragen, zur zweiten Ernte nicht mehr tauglich ist. Die trägen, fast unbeweglichen Thiere leben gesellig bei einander, und da, wo sie in Menge sitzen, bleibt die Ausbildung des Zweiges hinter den von ihnen verschonten Stellen zurück, so dafs mäfsige Vertiefungen auf der Oberfläche entstehen und auch die Oberhaut Beschädigungen erleidet, welche, wenn sich der Zweig später erholt, durch Korkbildung vernarbt werden[2]. — Die Blattläuse sollen nach Kühn einen zuckerhaltigen Saft aussenden und durch selbigen die Erscheinung auf den Blättern veranlassen, welche wir Honigthau nennen[3]. Obschon ich diese alte Ansicht direct nicht widerlegen kann, so sind doch sicher die oft in grofsen klaren Tropfen auf der Oberseite der Ahornblätter, welche im Frühjahr plötzlich nach einer einzigen kalten Nacht erscheinen, ohne Zuthun der Blattläuse entstanden; auch sondert die Erle unter ähnlichen Verhältnissen einen bitter schmeckenden Saft, welcher überhaupt das junge Blatt bedeckt und dessen klebrige Beschaffenheit veranlafst, aus besonderen Drüsen in gröfster Menge aus.

---

[1]) Ratzeburg, die Waldverderber. Berlin 1850.

[2]) Man sehe meinen Bericht über die Vegetation auf Madeira und Tenerife p. 58—66.

[3]) Die sehr fleifsige, vielfach auf eigene Beobachtung sich gründende, Zusammenstellung der verschiedenen Pflanzenkrankheiten des genannten Verfassers kommt mir leider erst jetzt (Mitte October) zur Hand. Es ist sehr dankenswerth, dafs sich ein praktischer Landwirth einmal mit diesem wichtigen Gegenstand beschäftigt.

Dagegen ist es richtig, daſs Bänke und andere Gegenstände unter einer Linde, deren Blätter Honigthau bedeckt, gleichfalls mit kleinen Tropfen desselben klebrig süſsen Saftes bespritzt sind, und daſs in der Regel zahllose Blattläuse die Unterseite der Lindenblätter bedecken.

Die Pflanzenkrankheiten, durch schädliche kosmische Einflüsse veranlaſst, sind wie ihre Ursache allgemeiner Natur, d. h. sie befallen selten nur eine Stelle des Gewächses und verschonen die anderen, es sei denn, daſs der eine Theil besser geschützt oder fester und überhaupt für schädliche Einflüsse unempfindlicher als der andere wäre. Plötzliche Temperaturschwankungen, kalte Nächte, die auf warme Tage folgen, bewirken häufig für gewisse Pflanzen eine Erkältung, die sich in verschiedener Weise äuſsern kann. So halte ich den Honigthau auf den Blättern des Ahorns, der Linde u. s. w. für eine Folge solcher Erkältung, wodurch das im Blattgewebe vorhandene Stärkmehl in Zucker verwandelt und von der Oberhaut ausgeschieden wird. Auch die erste Ursache der Erkrankung des Kartoffelblattes beruht, meiner Ueberzeugung nach, auf einer derartigen Erkältung; die Form der sogenannten Kräuselkrankheit ist sogar, wie es scheint, mit einer Umwandelung des Stärkmehls im Blattgewebe in Zucker verbunden. (Schwefelsäure bewirkt eine dunkelrothe Färbung des blauen oder violetten Saftes.) — Die ersten gelben Flecken der eigentlichen Kartoffelkrankheit zeigen sich auf der Oberseite des Blattes, in der Regel nach einer kalten Nacht, welche einem warmen Tage folgte, allein sie bilden sich nicht immer zu braunen Flecken aus, sondern bleiben bei günstiger Witterung ohne weiteren Nachtheil für die Pflanze. Auf ihnen konnte ich niemals Pilze entdecken. Wenn dagegen bei veränderlicher feuchter Witterung die ursprünglich gelben und oftmals nur bei grellem Sonnenschein erkennbaren Flecken eine braune Färbung annehmen und fäulig werden, so ist jederzeit auch der bekannte Kartoffelpilz (Peronospora infestans) vorhanden. Derselbe wuchert namentlich am Rande der Flecken und scheint allerdings durch seine weitere Ausbreitung und zwar, wie ich vermuthe, durch die ihm anhängende fäulige Jauche die rasche Ausdehnung der erkrankten Stelle über das Blatt und das Rindengewebe der Pflanze zu befördern, niemals aber ist es mir gelungen, seine Sporen auf einem gesunden Blatte

---

1) T. Hartig, Ausscheidungen der Blätter. Bot. Zeit. 1855. — v. Schlechtendal, Zucker auf Blättern. Bot. Zeit. 1844. p. 6. — Unger, Zuckerdrüsen der Blätter. Flora 1844.

zur Keimung zu bringen und sind andere Beobachter darin bis jetzt nicht glücklicher gewesen. Die Fäden des Pilzes wachsen zwar durch die Spaltöffnungen in die Athemhöhle und schicken Seitenäste wieder aus den ersteren heraus, allein sie dringen niemals weiter in das Blattgewebe und gehen noch viel weniger in das gesunde Gewebe des Blattstiels und des Stengels hinab. Die Peronospora unterscheidet sich deshalb wesentlich von den Brandpilzen, welche im gesunden Gewebe wuchern, und selbst von dem Weinpilze, welcher sich auf der gesunden Oberhaut ansiedelt, indem sie nur von dem Safte bereits abgestorbener, faulender Zellen leben. Ich kann aus diesem Grunde den Kartoffelpilz nicht für den Urheber der Krankheit ansehen und ebenso wenig an die Uebertragung der Krautkrankheit auf die Knollen durch denselben glauben. Die von Speerschneider angestellten Versuche, wo junge gesunde Kartoffelknollen, mit kranken Blättern zusammengebracht, binnen kurzer Zeit fäulige Flecke mit Pilzbildungen zeigten, scheinen mir mehr für die Ansteckung durch die fäuligen Säfte der erkrankten Blätter als für die Ansteckung durch den Pilz zu sprechen. Doch könnte vielleicht ein Versuch mit Sporen eines kranken Blattes auf einem Filter gesammelt und mit destillirtem Wasser ausgewaschen, dann ein anderer Versuch mit dem erkrankten Blatte selbst und endlich ein dritter ohne Berührung mit dem Pilz und mit dem kranken Blatte, an Knollen derselben ganz gesunden Staude ausgeführt, hierüber entscheiden?[1])

Die Knollenkrankheit der Kartoffel zeigt sich unter zweierlei Formen, 1. als nasse und 2. als trockene Fäule; die erstere ist ein wahrer Fäulnifsprocefs und von allen den verschiedenen Erscheinungen der Fäulnifs begleitet, die zweite dagegen ist eine Vernarbung der erkrankten, aber meistens noch nicht zur eigentlichen Fäulnifs gekommenen, Partieen, durch Korkbildung im Umkreis der erkrankten Stellen, wodurch die weitere Verbreitung des Uebels beschränkt wird und sogar die Auflösung des Stärkmehls in der kranken Partie nicht weiter greift. Dafs die Krautkrankheit der Kartoffel in atmosphäri-

[1]) Ich habe den Versuch in der oben beschriebenen Weise angestellt und je 2 Kartoffeln, in Löschpapier gewickelt, in einen besonderen Topf mit Erde, welche feucht gehalten wurde, eingescharrt. Die kranken Blätter enthielten reichlich Sporen, ebenso war das Filter mit ihnen übersäet. Die Kartoffeln, am 30. September eingescharrt und alle 8 Tage untersucht, blieben sämmtlich gesund, selbst Stellen, wo die Oberhaut beschädigt worden, waren nicht erkrankt. Ich kann nur um Wiederholung des Versuches bitten.

schen Verhältnissen zu suchen ist, hat, wie mir scheint, das Jahr 1857 bewiesen, dessen ungewöhnlich gleichmäſsiger und trockener Sommer zum wenigsten auf sandigem Boden keine Blattkrankheit der Kartoffel aufkommen lieſs, und überhaupt einen reichlichen Ertrag an Knollen lieferte, deren völlige Ausbildung in den feuchten und wechselnden vorhergehenden Jahren durch das frühzeitige Absterben des Krautes, in Folge der Krankheit, behindert wurde. An der Südseite Madeiras, wo man jährlich zwei oder drei Kartoffelernten macht, hat sich überdies die Krankheit nur in den Wintermonaten, und zwar vorzugsweise in den feuchten Wintern, weniger in dem sehr schönen und verhältniſsmäſsig trockenen Winter 1856—57, gezeigt, für die Sommerernte ist sie um Funchal, dessen Klima durch die Gleichmäſsigkeit seiner Temperatur ausgezeichnet ist, nicht bekannt, wohl aber im Dorfe Camacha (2000 Fuſs über dem Meere), wo auch im Sommer kalte Nebel häufig sind. Mittelbar sind freilich die atmosphärischen Einflüsse auch für die Weinkrankheit, indem sie das Gedeihen des Weinpilzes befördern oder verhindern, von wesentlichem Einfluſs, denn warme feuchte Luft begünstigt das Wachsthum der Pilze, trockene Wärme aber tödtet dieselben. Auch der Kartoffelpilz stirbt ab, wenn der faulende Flecken, auf dem er wuchert, vertrocknet[1]).

---

[1]) Klotzsch schreibt die Erkrankung der Kartoffel einer Entartung der Pflanze durch das Alter der Sorte zu, und dringt deshalb auf Anzucht neuer aus Samen gezogener Sorten. Den Pilz erklärt er mit mir für den Begleiter der Krankheit. Caspary, Kuhn und Andere dagegen halten ihn für den Urheber des Uebels.

[2]) Zur Literatur über die Kartoffelkrankheit:

Caspary, die Kartoffelkrankheit. Bot. Zeit. 1855. p. 583. — 1857. p. 602. — Ders., über die Spaltöffnungen der Kartoffel und das Entstehen der Pocken. Bot. Zeit. 1857. p. 116.
Focke, die Krankheit der Kartoffeln. Bremen 1846.
Hartig, Recherches sur la maladie des pommes de terre. Amsterdam 1846.
v. Holle, über den Kartoffelpilz. Bot. Zeit. 1858.
Janssen und Schacht, über Kartoffelkrankheit. Verhandl. der naturforschenden Gesellschaft zu Hamburg 1846.
Klotzsch, Naſs- und Trockenfäule der Kartoffel. Landwirthschaftl. Zeit. 1857. p. 2. Bot. Zeit. 1854. p. 516. — Ders., Recension des Berichts von Schacht über die Kartoffel. Landwirthschaftl. Zeit. 1856.
Legeler, Kartoffelkrankheit. Bot. Zeit. 1846. p. 817.
v. Martius, die Kartoffelepidemie. München 1842.
J. Münter, die Krankheit der Kartoffeln. Berlin 1846.
Protz, die Natur der Kartoffelpflanze und die Ursache ihrer Krankheiten. Nordhausen 1854.
Riecke, das Befallen der Culturpflanzen, insbesondere der Kartoffeln. Nordhausen 1856.
Schacht, die Kartoffel und deren Krankheiten. Bericht an das königl. Landes-Oekonomie-Collegium. Berlin 1856.

Einige Pflanzen verlangen viel Licht, andere lieben mehr Schatten; eine gewisse Menge des Lichtes aber ist fast allen Pflanzen zum Gedeihen nothwendig. (Einige am nassen Gestänge der Bergwerke lebende Rhizomorphen scheinen des Lichtes entbehren zu können.) Unter einem dunkelen Hochwald schwindet sogar in südlichen Breiten das sonst so mächtige Unterholz, desgleichen verkommen gewisse Pflanzen, wenn ihnen nicht Licht genug gegeben ist; die sogenannte Bleichsucht wird häufig dem Lichtmangel zugeschrieben. Allein wie nicht in allen Fällen das Licht zur Bildung des Blattgrüns nothwendig ist, so kann auch dessen Bildung beim Lichtzutritt bisweilen unterbleiben, wofür die weifs und grün gefleckten Blätter vieler Zierpflanzen die Beweise liefern.

Heftige Winde sind für manche Pflanzen schädlich. Der Kaffeestrauch kann die im Winter um Funchal vorherrschenden westlichen Winde durchaus nicht vertragen, man pflanzt ihn deshalb innerhalb der Umgrenzung hoher Mauern; aber dennoch sterben regelmäfsig diejenigen Zweige ab, welche über die Mauer hinausragen, freistehend geht die ganze Pflanze zu Grunde.

Anhaltende Dürre ist gleichfalls den meisten Gewächsen zu ihrer normalen Entwickelung nachtheilig. Mit dem Eintritt des trockenen Wetters, im Juni, verschwindet an dem nicht bewaldeten und nicht durch Cultur bepflanzten und bewässerten Theile der Südseite Madeiras das Grün der Berge, um bald nach den ersten Herbstregen (Anfang October) wiederzukehren. Auch die Culturpflanzen würden vergehen, wenn sie nicht durch Wasserleitungen, welche das bewaldete höhere Gebirge speist, reichlich erquickt würden. Auf einigen der canarischen Inseln ist der Einflufs der Bewässerung noch sichtbarer; Lazarote und Fuerta ventura, welche im Sommer fast allen Grüns entbehren, sind dafür im Winter mit üppigen Kornfeldern und dem saftigen Grün des Mesembryanthemum crystallinum bekleidet. Ihnen fehlt das höhere bewaldete Gebirge und mit demselben das Wasser zur Berieselung, wogegen Gran Canaria, reichlich mit Wasser versehen, auch im trocke-

---

Schacht, die Stockfäule der Kartoffeln. Verhandl. des baltischen Vereins 1845.
Speerschneider, Ursache des Erkrankens der Kartoffelknolle. Bot. Zeit. 1857. p. 121.
Unger, zur Kenntnifs der bei der Kartoffelkrankheit vorkommenden Pilze. Bot. Zeit. 1847. p. 305.
Wenderoth, Gutachten über die Kartoffelkrankheit. Correspondenzblatt des kurhessischen landwirthschaftl. Vereins 1846.

nen Sommer seine Culturvegetation bewahrt. Manche Krankheit der Culturpflanzen, deren Ursache wir bis jetzt nicht sicher kennen, ist vielleicht Folge eines Wassermangels, welcher nach dem Grade und nach der Dauer, desgleichen nach der Eigenthümlichkeit der Pflanze, mehr oder weniger nachtheilige Wirkungen ausübte. Sogar die jüngeren Zweige der Opuntia Ficus indica schrumpfen zusammen, wenn Alles um sie her versengt ist (im August an der Sonne besonders exponirten Orten), werden aber nach den Herbstregen wieder glatt. Nur die Euphorbia canariensis mit einer Wachsschicht auf der Oberhaut, welche an älteren Zweigen die letztere an Dicke 2 bis 3 mal übertrifft, widersteht auch dem glühendsten Sonnenbrande ohne zu verschrumpfen.

Anhaltende Nässe ist gleichfalls vielen Pflanzen schädlich. Die Kartoffelstaude ersäuft, wenn sie nur 2 Tage in einer Wasserlache steht; eine rasch um sich greifende Fäulnifs anderer Art als bei der Blattkrankheit, welche hier Wurzeln und Stengel angreift, ertödtet die Pflanze. Der Weinstock ist, seitdem man auf Madeira das Zuckerrohr anbaut, durch die reichliche Bewässerung des letzteren, aber keineswegs durch die Traubenkrankheit, ausgegangen.

Wieder bedarf jedes Gewächs zu seinem normalen Gedeihen einer bestimmten Wärmemenge, worin neben örtlichen Hindernissen der Verbreitung des Samens und der Bodenbeschaffenheit, sowie den Feuchtigkeitsverhältnissen, ein Hauptfactor für die Vertheilung der Pflanzen über die Erde liegt. Nun scheint es im Allgemeinen mehr auf die Summe der Wärme des ganzen Jahres oder der ganzen Wachsthumsperiode einer Pflanze, als auf die mittlere Temperatur des Sommers anzukommen. — Man baut die Gerste auf den Canaren und in Lappland; die mittlere Sommertemperatur zu Sta. Cruz de Tenerife ist + 20° R., die mittlere Wintertemperatur dagegen + 14,5° R.; die mittlere Sommertemperatur von Lappland wird zu + 8° angegeben. Auf Madeira und den Canaren gedeihen die Gerste und der Weizen nicht mehr im Sommer, sie werden im December gesäet und im April geerntet; der Mais dagegen, welcher bei uns nur selten zur Reife kommt, giebt auf den Canaren vom Frühling bis zum Spätherbst zwei Ernten, er braucht dort 3 Monate zur völligen Ausbildung. Die Camellia bildet in den 600—1000 Fufs über dem Meere gelegenen Gärten um Funchal stattliche, vom Januar bis März mit Blüthen überdeckte, Bäume, von der Höhe und Stammstärke unserer Apfel-

bäume, bleibt aber in den tiefer gelegenen, ihr zu warmen, Gärten krüppelig. Aus demselben Grunde findet man auf den höheren Gebirgen, zumal in den südlichen Breiten, mit der zunehmenden Höhe verschiedene, wenn auch nicht scharf begrenzte, vielmehr allmälig ineinander übergehende, Vegetationszonen. Auf Tenerife geht die tropische Culturvegetation (Bananen, Datteln, Palmen, Drachenbäume), bis etwa 1000 Fufs, dann beginnt der Lorbeerwald (Oreodaphne foetens, Persea indica, Laurus canariensis und Phoebe barbusana) mit Erica arborea, Myrica Faja und einigen Ilex-Arten. Bei etwa 3000 Fufs nehmen die Lorbeeren ab und die Kiefer (Pinus canariensis) mischt sich unter dieselben, bis sie allmälig den Laubwald verdrängt und nur das Unterholz sie bis zu 4000—5000 Fufs hinauf begleitet. Die Erica steigt dabei höher als die Myrica und der Ilex. Ueber 5000 Fufs gedeihen auch die Kiefern minder gut, sie bleiben niedriger, gehen aber mit dem Juniperus Cedrus noch weit über 6000 Fufs hinauf, wo sich der Cytisus proliferus zu ihnen gesellt, während der Cytisus nubigenus bei 9000 Fufs die äufserste Vegetationsgrenze bezeichnet. Die Erica arborea steigt auf Madeira über 5000 Fufs hinauf, die schönsten und gröfsesten Exemplare findet man zwischen 4000—5000 Fufs über dem Meere (Fig. 287). Die Oreodaphne foetens, welche dort ebenso hoch hinaufgeht, wird auf Tenerife nur durch die canarische Kiefer, welche auf Madeira fehlt, verdrängt, die letztere aber ist in einer Höhe von 3000—4000 Fufs am kräftigsten und erscheint als wundervoller, bis zum Boden hinab beästeter, weit über 100 Fufs hoher, Baum, von der Tracht unserer Weifstanne. Wenn sie dagegen fast bis zum Meere hinabgeht, so gewinnt sie, in den unteren Regionen einzeln stehend, einen ganz anderen Habitus, bleibt niedrig und erhält eine unregelmäfsig ausgebreitete Krone. Nach den neuesten spanischen Vermessungen ist nun der Pico de Teyde 13,355 Fufs, die Schneedecke geht im Winter bis etwa 5000 Fufs hinab, schwindet aber schon im April und zu Anfang Mai ist selbst die Spitze ohne allen Schnee. Mit der Höhe nimmt natürlich auch die mittlere Jahreswärme ab, und im Sommer werden die täglichen Schwankungen mit zunehmender Höhe immer bedeutender; am Tage wirkt bei wolkenlosem Himmel die Sonne sehr energisch, Nachts aber ist die Erkältung nicht minder beträchtlich. Die Pflanzen der höheren Region müssen demnach einen solchen Wechsel vertragen können, während die eigentlich tropischen Ge-

wächse der unteren Region einer gleichmäfsigen Temperatur und einer gröfseren Wärmesumme des Jahres bedürfen.

Im Wasser der heifsen Quellen von 40—60° R. leben bekanntlich noch bestimmte Pflanzen (eine Chara auf Island), auch hat ADANSON am Senegal sogar in einem Sandboden, der bis 76° Cels. erwärmt

Fig. 287.



Fig. 287. Erica arborea von Paül da Serra, 4500 Fufs über dem Meere. Der Stamm hat 6½ Fufs Umfang. Aehnliche Ericabäume stehen in einem verwilderten Garten nahe der Kirche San Antonio da Serra, desgleichen auf dem Wege zum Pico Ruivo. Auf Tenerife habe ich sie nicht von solcher Gröfse gesehen.

war, Pflanzen gefunden[1]). Dagegen soll die Lerche und Zwergbirke eine Kälte, bei welcher das Quecksilber gefriert, vertragen. Diese Extreme zeigen uns, dafs es sowohl Pflanzen giebt, welche ohne Nachtheil viel Wärme, als auch andere, die ohne Schaden eine grofse Kälte vertragen, dazwischen wiederum andere, denen ein schneller und bedeutender Temperaturwechsel keinen wesentlichen Nachtheil bringt. Im Allgemeinen darf man aber wohl annehmen, dafs eine zu grofse Wärme nicht zuträglich ist (die freistehende, der Sonne sehr exponirte, Buche verliert nach der Sonnenseite nicht selten ihre Rinde)[2]), und dafs eine den Siedepunkt des Wassers erreichende Hitze unter allen Umständen für die Pflanze tödtlich wirkt. Umgekehrt wird an allen saftigen lebendigen Theilen der Pflanze ein Sinken der Temperatur auf oder unter den Gefrierpunkt nicht mehr vertragen. Der Frost tödtet die Pflanze, wofür das Erfrieren der Kartoffelknolle und der Runkelrübe hier als Beispiel dienen möge.

In den kalten Tagen des Januar und Februar 1855, wo das Thermometer bis auf — 16—18° R. herunterging, wurden mehrere Kartoffelknollen dem Froste ausgesetzt. Die erfrorenen Knollen waren steinhart; beim Durchschneiden knirschten sie, als wenn man Eis durchschneidet. Obschon nun die Knollen durch ihre ganze Masse gefroren waren, so zeigte sich das Eis doch nur unter der Schale und in der Mitte (im Mark) in krystallinischer Gestalt. Unter der Schale war ein wirkliches Eislager gebildet, das auf dem Quer- oder Längsschnitt strahlenartige Spaltungsflächen zeigte. Hier, wo die Flüssigkeit vor dem Erfrieren sichtbar in gröfster Menge vorhanden war und sich vielleicht allmälig dahin gesammelt hatte, war durch die Ausdehnung des zu Eis werdenden Wassers das Zellengewebe gesprengt, was sich beim Auftauen der Knollen sehr deutlich zeigte, indem die Schale vom Fleisch der Kartoffel vollständig getrennt erschien.

Ist die Kartoffel einmal gefroren, so hilft auch das vorsichtigste Auftauen zu Nichts, sie wird weich und zuletzt breiig; bleibt dabei die Schale unverletzt, so kann sie noch lange liegen, ohne sich wesentlich zu verändern, auch kann man sie 5—6 mal hinter einander

---

[1]) Glöden, Handbuch der Erdkunde p. 301 und p. 676.

[2]) Ich habe im Thüringer Walde nicht selten alte hochstämmige Buchen gesehen, welche auf diese Weise, und zwar nur nach der Sonnenseite, beschädigt waren, auch ist diese Erscheinung den Förstern wohlbekannt. (Caspary spricht über Sonnenrisse bei den Obstbäumen. Botanische Zeitung 1857. p. 153.)

aufs neue erfrieren lassen, ohne wesentliche Veränderungen wahrzunehmen. — Durchschneidet man aber die erfrorene und wieder aufgethaute Kartoffel, so erscheint sie weich, ihr Gewebe ist schwammig, läfst sich jedoch noch immer scheiden, wobei man sich leicht überzeugt, dafs wenigstens diejenigen Zellen, welche das Stärkmehl enthalten, durch den Frost nicht gesprengt sind. Beim Zusammendrücken verhält sie sich genau wie ein Schwamm, es quillt eine wässerige Flüssigkeit massenhaft hervor, welche, so wie der Druck aufhört, wieder eben so schnell in das Gewebe zurücktritt. Dasselbe ist nicht mehr ganz farblos und schwärzt sich an der Luft sehr schnell, es hat einen schwachen, etwas unangenehmen Geruch und faden, aber keineswegs süfsen Geschmack, auch konnte ich vermittelst Eiweifs und Schwefelsäure keinen Zucker nachweisen. Das Stärkmehl der gefrorenen Kartoffel zeigt keine Veränderung, doch schien mir bisweilen die Schichtung der Körner deutlicher zu sein. Selbst wenn man die erfrorene Knolle durchschnitten 8—14 Tage liegen läfst, ist das Stärkmehl noch zum gröfsten Theil vorhanden, auf der Schnittfläche hat sich dagegen unter Umständen, wenn dieselbe nicht abtrocknen konnte, eine breiige Masse gebildet, welche aus Stärkmehlkörnern und zahllosen aufserordentlich kleinen Körnchen, wahrscheinlich Zersetzungsproducten desselben besteht, die, wenn hinreichend Flüssigkeit auf dem Objectträger vorhanden ist, sich in Molecularbewegung befinden.

Nicht selten trennen sich durch das Erfrieren und Auftauen die Parenchymzellen der Kartoffelknolle vollständig von einander, so dafs sie isolirt erscheinen, dagegen sind die Zellenwände durch den Frost nicht chemisch verändert worden, indem sie wie vorhin durch Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung annehmen.

Die erfrorene Kartoffel kann natürlich nicht mehr als Setzkartoffel dienen, da ihre Zellen durch den Frost getödtet sind, was sich auch schon aus der schlaffen Beschaffenheit der Zellenwände sofort ergiebt; sie ist dagegen zur Gewinnung des Stärkmehls, oder zur Verwerthung desselben für die Brennerei sehr wohl verwendbar, auch als Viehfutter möchte sie noch denselben Werth besitzen. Die Zuckerbildung aus dem Stärkmehl der Kartoffel und in Folge dessen das Süfswerden im Winter kann nicht dem Froste zugeschrieben werden, es mufs in einer langsamen Umwandelung des Stärkmehls in Zucker schon über dem Gefrierpunkt, wie bei der Keimbildung, seine Ursache finden.

Läfst man Runkelrüben im Winter bei starken Kältegraden (÷ 10 bis

12° R.) gefrieren, so werden dieselben steinhart und klingend, durchschnitten ist ihr bis dahin weifses undurchsichtiges Gewebe durchscheinend geworden. Eiskrystalle liegen in Gruppen an ganz bestimmten, durch sie gesprengten Orten des Gewebes und zwar ist die Schale, wie bei der Kartoffel, durch solche Eismassen von dem primären Rindenparenchym, dann wieder das Cambium der einzelnen Gefäfsbündel vom inneren Theile derselben und endlich vielfach auch das die Gefäfsbündel in radialer Richtung trennende Gewebe durch sie gesprengt worden. Sehr häufig sind überhaupt noch die jüngsten äufsersten Gefäfsbündelkreise durch die Eisbildung von einander gelöst. Unter dem Mikroskop sieht man die einzelnen Eismassen langsam schmelzen, und wählt man am besten die in radialer Richtung zwischen den Gefäfsbündeln des Centrums liegenden gröfseren Eismassen, welche aus zahlreichen mit einander verklebten Eisstücken von der Gestalt polyedrischer Zellen bestehen, aber ohne Rückstand zu hinterlassen beim Schmelzen unter dem Mikroskop vollständig verschwinden, wobei sich die schmelzende Masse, indem sich die Lage ihres Schwerpunktes verändert, häufig um sich selber dreht. Die Eisstücke, welche die zusammengesetzten Eismassen bilden, scheinen somit die Eiskerne der gesprengten Zellen zu sein. Die durch diese Eismassen entstandenen Lücken im Gewebe sind theils von zerrissenen, nicht selten aber auch von scheinbar unversehrten, nur aus dem Verband getretenen und zerdrückten Zellen umgrenzt. Ob auch der Zellensaft in den übrigen Theilen des Gewebes erfroren ist, läfst sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Das Parenchymgewebe der Rüben selbst, welches vor dem Erfrieren viel Luft im Intercellularsystem enthält und deshalb ein weifses undurchsichtiges Ansehen hatte, wodurch die Gefäfsbündel und der Cambiumring, dem die Luft im Intercellularsystem der cambialen Zelle fehlt, scharf markirt wurden, ist jetzt durch den Verlust der Luft durchsichtig geworden, nur die Gefäfse sind noch mit derselben erfüllt; aus dem Intercellularsystem ist sie dagegen vollständig verschwunden.

Das Gewebe der gefrorenen Rübe hat seine Widerstandsfähigkeit gegen Druck, die es im lebenden Zustande im hohen Grade besitzt, beinahe vollständig verloren, es läfst sich, einem Schwamme gleich, zusammendrücken, zieht aber beim Aufhören des Druckes den verlorenen Saft eben so schnell wieder zurück[1]). Die Futterrübe schien

---

[1]) Göppert hat bei anderen Pflanzen dasselbe beobachtet, Treviranus, Pflanzenphysiologie Bd. II. p. 698, dagegen ein Zerreifsen der Zellenwände nicht gesehen.

dem Grade nach ungleich mehr als die Zuckerrübe collabirt zu sein, sie verlor deshalb, an der Luft liegend, auch schneller ihren Zellensaft, vertrocknete mit anderen Worten rascher als die erfrorene Zuckerrübe. Die mikroskopische Untersuchung ergab, aufser einem Gerinnen und Zusammenziehen des Primordialschlauches keine weiteren Veränderungen, Carminlösung färbte dagegen den Zellenkern, wie bei abgestorbenen Zellen überhaupt, schön rosenroth (Jod und Schwefelsäure bewirken eine blaue Färbung der Zellenwände). Die Zellen waren nicht wie bei der erfrorenen Kartoffel aus dem Verband getrennt, wohl aber erschien die Verbindung unter einander aufgelockert. Die Zuckerrübe schwärzte sich an der Luft sehr schnell, die Futterrübe dagegen färbte sich viel weniger.

Während nach dem Obigen, sowie nach den bekannten Erscheinungen des Erfrierens krautartiger Gewächse schon durch einen einzigen Nachtfrost, diejenigen Zellen, deren Säfte gefrieren, getödtet sind, sollen, nach den Angaben einiger Forstleute und Botaniker, die Bäume ein Erfrieren ihrer Säfte ohne besonderen Nachtheil vertragen. Sie erhalten zwar Frostspalten, die nicht selten bis zum Marke gehen und deren Richtung dem Verlauf der Holzbündel folgt, und deshalb beim geraden Stamm gerade, beim spiralig gedrehten Stamm dagegen gleichfalls gedreht erscheinen, aber diese Spalten schliefsen sich wieder sobald Thauwetter eintritt, brechen jedoch bei Rückkehr des Frostes sehr häufig wieder auf. Dieselben sollen nun nach Caspary nicht durch Ausdehnung des Saftes beim Gefrieren, sondern dadurch entstehen, dafs sich das Holz durch die Kälte in der Richtung des Umfangs stärker, als in der Richtung des Radius verkürzt. — Ich glaube gern, und die Erfahrung hat es ja bereits sichergestellt, dafs viele Pflanzen ohne Nachtheil einen hohen Kältegrad ertragen können, während andere, namentlich tropische, Gewächse schon bei einer Temperatur, die den Gefrierpunkt nicht erreicht, absterben, vermuthe aber, dafs in denjenigen Fällen, wo grofse Kälte ohne Nachtheil vertragen wird, die Zellen des saftführenden Theiles der Rinde, sowie das Cambium, durch die äufseren abgestorbenen Rindentheile so gut geschützt sind, dafs ihre Säfte nicht zum wirklichen Gefrieren kommen, oder dafs, wenn dies geschieht, doch nur an der einen, dem kalten Winde besonders ausgesetzten, Seite eine Eisbildung der Säfte stattfindet, welche, wenn ich nach den vorhergehenden Beobachtungen schliefsen darf, unfehlbar ein Absterben der erfrornen Zellen zur Folge hat. Anderen-

theils mufs die verschiedene chemisch-physikalische Beschaffenheit der Zellenwände und des Zellensaftes die Ursache des ungleichen Verhaltens der Pflanzen zum Klima überhaupt abgeben. Die Lerche verliert ihre Blätter nach dem ersten Nachtfrost, allein ihr Stamm verträgt die gröfste Kälte. Im Zellensaft läfst sich hier der Grund nicht suchen, er mufs im Rindenschutze liegen. Die Platane, welche um Funchal ihr ganz allmälig gelb werdendes Laub bis zum December trägt, kommt bei uns nicht bis zur herbstlichen Entfärbung, da ein einziger Nachtfrost genügt, um ihre grünen Blätter zu entführen. Die Spitzen der Blätter des Winterkorns erfrieren gleichfalls fast in jedem Winter, aber dennoch wächst das Blatt, da seine Ausbildung durch Zellenvermehrung an der Basis erfolgt, im Frühling weiter. Nun schützt bekanntlich eine Schneedecke die Wintersaat vor dem Erfrieren; anhaltend nasses Wetter, von starkem Frost ohne Schnee gefolgt, vernichtet dagegen nicht selten dieselbe, desgleichen werden andere im Boden befindliche Pflanzen (die Orchisknollen) bei solchem Wetter sehr gefährdet. Sollte nicht die Rinde der Bäume als schlechter Wärmeleiter gleich der Schneedecke über dem Boden wirken? Erfriert doch der junge Trieb nicht, so lange er noch unter dem Schutz seiner Deckschuppen weilt, wohl aber, sobald er dieselben verlassen hat, und sind hiervon auch die Bäume nicht ausgenommen, deren Stamm im Winter die gröfste Kälte verträgt. Beim Maulbeerbaum, bei der Wallnufs und bei dem Weinstock erfrieren im Winter die Spitzen der Zweige, welche im Herbst ihre Gewebeschichten nicht vollständig ausbilden konnten, während der ältere Theil desselben Jahrestriebes die Kälte verträgt. Ich glaube deshalb, dafs die Angabe einer allgemeinen Eisbildung in der Rinde, welche ohne Nachtheil für das Leben des Baumes gewesen, noch einer sorgfältigen Prüfung bedarf. Ein locales Erfrieren dagegen mag, wie jede örtliche Verletzung, durch den gesund verbliebenen Theil in der bekannten Weise allmälig überwunden werden, ein allgemeines Erfrieren der lebendigen Zellen des Splintes (Markstrahlzellen), des Cambiums und der saftführenden Rinde, rund um den Stamm, wird dagegen, wie ich nach der Wirkung des Frostes auf das saftführende Gewebe überhaupt schliefsen möchte, den Tod der Pflanze zur Folge haben[1]).

---

[1]) Bei der chinesischen Rosa Bengalensis à cinq couleurs, welche auf dem Stamm der Centifolia veredelt war, erfror nach Herger nur der veredelte Theil,

Ueber die Einwirkungen des Blitzes auf Bäume endlich hat Cohn in neuester Zeit sehr interessante Aufschlüsse gegeben, welche er selbst folgendermaßsen resümirt: »1. Der Blitz springt auf einen Baum entweder an der höchsten Stelle oder unterhalb des Gipfels an irgend einem hervorragenden Punkte über. 2. Gewaltsame Zerstörungen bezeichnen seine Eintrittsstelle. 3. Nach Durchbrechung der Rinde geht der Blitz von der gut leitenden Cambiumschicht abwärts und bewirkt hier durch momentane Erhitzung und Dampfentwickelung ein Zerspringen der Rinde, deren Bruchstücke weit umhergeschleudert werden. 4. Die Richtung der abgelösten Rindestreifen bezeichnet nicht die Bahn des Blitzes, sondern nur die Stelle des schwächsten Widerstandes. 5. Ein Nebenstrom der Elektricität geht durch den schlechter leitenden Holzkörper, der dadurch in der Richtung seiner leichtesten Spaltbarkeit zerspringt, wahrscheinlich in Folge einer plötzlichen Austrocknung durch Verdunstung des Saftes. 6. Die Spalten im Holzkörper verlaufen entweder parallel den Markstrahlen oder senkrecht auf dieselben, parallel den Jahresringen oder gleichzeitig in beiden Richtungen, daher wird der Stamm bald in parallele Latten, bald in concentrische Holzcylinder und bald in dünne Fasern oder Splitter zerspällt. 7. Bei schraubenförmig gedrehten Bäumen erfolgt auch die Zersplitterung des Holz- und Rindenkörpers nach derselben Richtung. 8. Die in den Baumstamm übergegangene Elektricität tritt entweder noch über der Erde unter Feuererscheinung wieder heraus oder sie wird durch die Wurzeln in den Boden abgeleitet, wobei die Erde oft aufgeworfen, die Wurzeln selbst gespalten und an's Licht emporgehoben werden. 9. Häufig tödtet der Blitz die Bäume, auch wenn äufserlich nur unbedeutende Verletzungen sichtbar sind, in vielen Fällen überlebt jedoch der Baum den Blitzschlag und die erhaltenen Wunden überwallen. 10. Ob Bäume durch den Blitz entzündet oder auch nur verkohlt

während der Stamm der Centifolie, mit Ausnahme der Partieen unter der Veredelungsstelle, gesund verblieb.

[1]) Zur Literatur über die Wirkung des Frostes auf die Pflanze:

Caspary, auffallende Eisbildung auf Pflanzen. Bot. Zeit. 1854. p. 665. — Ders., Frostspalten. Bot. Zeit. 1855. p. 449 und 1857. p. 329.

Göppert, über die Wärme-Entwickelung in den Pflanzen, deren Gefrieren und die Schutzmittel gegen dasselbe. 1830. — Ferner bot. Zeitung 1853. p. 123.

Herger, die Wirkung des Frostes auf eine Rose. Flora 1852. p. 109.

Le Comte, über das Gefrieren der Gewächse. Bibl. de Génève 1852. Bot. Zeit. 1853. p. 195.

v. Mohl, das Erfrieren der Zweigspitzen mancher Holzgewächse. Bot. Zeitung 1848. p. 6.

werden, ist noch nicht bewiesen. 11. Alle Bäume können vom Blitz getroffen werden, gewisse Arten aber besonders häufig 12. Die Wirkungen des Blitzes scheinen bei allen Bäumen gleich zu sein und die Unterschiede mehr von der Intensität des Blitzstrahls als von der speciellen Natur des Baumes abzuhängen[1]).«

Die Lebensdauer und der natürliche Tod der Gewächse.

§. 90. Die Lebensdauer der Pflanzen ist, wie im Thierreich, nach den Arten sehr verschieden, auch keineswegs überall auf einen bestimmten Zeitraum beschränkt; sie wird vielfach nach Umständen verlängert oder verkürzt. — Bei sehr vielen Pflanzen kann man bestimmte Lebensphasen, denen wieder ein begrenzter Zeitraum angehört, unterscheiden. Man muſs auſserdem bei zusammengesetzten Pflanzen ein allgemeines Absterben der Gesammtpflanze von dem Absterben eines bestimmten Theiles derselben unterscheiden. Viele Gewächse, die man im gemeinen Leben ein- oder zweijährig nennt, sind nämlich in der Wirklichkeit fortdauernd, weil nur ein bestimmter Theil derselben innerhalb einer oder mehrerer Wachsthumsperioden seinen Lebenslauf vollendet, während ein anderer Theil desselben Pflanzenexemplars in der kommenden Wachsthumsperiode neue Triebe entsendet.

Ueber die Lebensdauer und den natürlichen Tod der Gewächse sind die Ansichten der Pflanzenphysiologen noch getheilt, woran mehr die verschiedene Auffassung des Begriffs der Einzelpflanze, des Pflanzen-Individuums[2]), als die Beobachtung selber Schuld ist. Freilich fehlt es auch hier an genügendem Material, aber selbst wenn dasselbe vorhanden wäre, so würde man doch keine mathematisch scharfe Grenzen für die Lebensdauer der verschiedenen Gewächse erhalten, weil die Pflanze als organisirtes lebendes Wesen von verschiedenen, namentlich äuſseren, Einflüssen, welche begünstigend oder störend einwirken, umgeben ist, so daſs sich das eine Exemplar nicht absolut wie das andere verhalten kann; de Candolle[3]) nimmt deshalb für diejenigen Gewächse, welche mit jeder neuen Wachsthumsperiode neue vegetative Theile bilden, ein unbegrenztes Alter an, der Tod erfolgt nach ihm durch Krankheit oder äuſsere schädliche Einflüsse, welche das Wachsthum beeinträchtigen. Treviranus dagegen betrachtet, auſser der Umwandelung der Endknospe, noch mechanische durch das Alter veranlaſste Hindernisse in der Saftbewegung als Ursachen des natürlichen Todes[4]). Nach Schleiden[5]) hat wieder die zusammengesetzte Pflanze

---

[1]) F. Cohn, Einwirkungen des Blitzes auf Bäume in der Denkschrift der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Breslau 1853. — Ders., Ein interessanter Blitzschlag. Acta acad. L. C. XXVI. pars I.

[2]) A. Braun bezeichnet den Sproſs als Pflanzen-Individuum, Klotzsch dagegen sieht nur die aus Samen, demnach durch geschlechtliche Vermehrung, entstandene Pflanze als Individuum an.

[3]) de Candolle, Physiologie végétale III. p. 964—974.

[4]) Treviranus, Pflanzenphysiologie Bd. II. p. 801.

[5]) Schleiden, Grundzüge Ausgabe II. Bd. II. p. 533.

als solche durchaus keinen, in ihrer Organisation nothwendig begründeten, Abschlufs des Lebens. v. Mohl[1]) dagegen glaubt, dafs die Höhe der Bäume schliefslich mangelhafte Zufuhr der Säfte und damit den Tod herbeiführen werde. In ähnlicher Weise wird auch von A. Braun[2]) und Unger[3]) das Absterben des Baumes und der aus zahlreichen Sprossen zusammengesetzten Gewächse als ein mehr zufälliges aufgefafst. Zwei im Jahre 1854 als Concurrenzschriften für den fürstlich Demidoff'schen Preis eingegangene Abhandlungen, von Donahl und von Jessen, haben auf die Frage: »Ist die Lebensdauer aus Samen erzogener und durch ungeschlechtliche Fortpflanzung (Sprofsbildung oder Ableger irgend einer Art) vermehrter Gewächse, d. h. des Pflanzen-Individuums im weitesten Sinne (im Sinne Gallesio's), eine unbegrenzte, nur zufällig durch äufsere Ungunst der Verhältnisse vor dem Aufhören der Species selbst erlöschende, oder ist dieselbe eine beschränkte, der Dauer der Species innerhalb bestimmter Grenzen untergeordnete?« ebenfalls eine sich diametral gegenüberstehende Antwort gegeben. Nach Donahl[4]) ist »die Lebensdauer aus Samen gezogener und durch ungeschlechtliche Fortpflanzung vermehrter Gewächse, d. h. des Pflanzen-Individuums im weitesten Sinne, eine unbegrenzte, theils zufällig, theils durch Ungunst äufserer Verhältnisse erlöschende.« Jessen[5]) dagegen, welcher zwischen der Lebensdauer des Individuums (im Sinne von Klotzsch) und der Art unterscheidet, erkennt dem Individuum eine begrenzte Lebensdauer zu[6]).

Bei der Frage über die Lebensdauer der Gewächse mufs man zuerst einfache und zusammengesetzte Pflanzen unterscheiden. Einfach ist ein Gewächs, wenn es nur ein einziges, in sich abgeschlossenes Ganzes bildet, das sich durch Sprofsbildung irgend welcher Art nicht vergröfsern kann. Zusammengesetzt ist dagegen eine Pflanze, die sich durch Sprofsbildung vergröfsern kann. Die einfache Pflanze stirbt, sobald sie ihr Lebensziel erreicht hat, wie wir dies am besten bei den einzelligen Gewächsen (Chlamidococcus p. 223) sehen, wo diejenige Pflanze, welche zur Mutterzelle für 4 Tochterzellen wird, als Mutterzelle, demnach als Pflanzenexemplar, untergeht. Wenn dagegen, wie bei Pilobolus crystallinus[7]), welcher Pilz aus 3 unter sich ungleichwerthigen Zellen besteht, von denen die beiden oberen (p. 195), wenn die Sporen entlassen sind, vergehen, während die Wurzelzelle ausdauernd ist und eine neue Stiel- und Fruchtzelle bildet, so geht nur ein Theil des Pflanzenexemplars, aber nicht das letztere selbst, durch die Sporenbildung zu Grunde. Der Chlamidococcus ist eine einfache, der Pilobolus dagegen eine zusammengesetzte Pflanze

---

1) v. Mohl, vegetabilische Zelle p. 65.

2) A. Braun, das Individuum p. 41.

3) Unger, Anatomie und Physiologie p. 443.

4) Donahl, die Lebensdauer der durch ungeschlechtliche Vermehrung erhaltenen Gewächse. Berlin 1854.

5) Jessen, die Lebensdauer der Gewächse, gekrönte Preisschrift. Acta Academiae L. C. 1855.

6) Irmisch, Dauer einiger Gewächse der deutschen Flora. Botan. Zeitung 1851. p. 361.

7) Cohn, Acta academica L. C. 1851.

und in diesen Beispielen der einfachsten Art erhalten wir zugleich ein Schema für die Betrachtung der höheren Gewächse. Wir können den Chlamidococcus nämlich mit solchen Pflanzen vergleichen, welche nur eine Endknospe besitzen und deshalb, wenn diese zur Blüthe oder zum Blüthenstand und später zur Frucht oder zum Fruchtstand geworden und ihre Samen gereift hat, abstirbt, während wir den Pilobolus mit denjenigen Gewächsen vergleichen dürfen, welche durch Knospenbildung neue Sprosse erzeugen und deshalb, wenn auch die eine Knospe zur Blüthe oder zum Blüthenstand wird, noch andere besitzen oder bilden, welche das vegetative Leben fortsetzen können. Das Leben der einfachen Pflanze wird immer viel beschränkter ausfallen und sich ganz danach, innerhalb welcher Zeit das Ziel erreicht ist, richten; die Lebensdauer der zusammengesetzten Pflanze dagegen wird weniger von der Erreichung des Lebenszieles der einzelnen Sprosse, als von den Umständen, unter welchen sich das ganze Pflanzenexemplar befindet, abhängen. Für die Fortdauer der zusammengesetzten Pflanze ist es auch ziemlich gleichgültig, ob ein Theil derselben, und zwar oftmals gesetzmäfsig, abstirbt, weil alsdann in der Regel ebenso gesetzmäfsig ein neuer Sprofs dessen Stelle ersetzt. Das Pflanzenexemplar, das sich auf diese Weise fortdauernd neu verjüngt, sollte ideel aufgefafst eigentlich keine begrenzte Lebensdauer haben, weil sich die Nothwendigkeit einer solchen aus den Entwickelungsgesetzen durchaus nicht absehen läfst. Allein die Erfahrung lehrt, zum wenigsten für eine grofse Anzahl von Gewächsen, dafs selbige mit einem gewissen Alter schwächer werden und zuletzt, gleich den alten Thieren, aus Entkräftung sterben. Es scheint als ob einestheils die Summe der schädlichen Einflüsse, anderentheils aber auch der, durch Vermehrung der Sprosse, immer complicirter werdende Organismus der Säftevertheilung oder der Ernährung überhaupt Schwierigkeiten entgegengesetzt, welche zuletzt nicht mehr überwunden werden können und somit den langsamen Tod des zusammengesetzten Pflanzenexemplars herbeiführen.

Die einfache Pflanze kann man bekanntlich über das ihr normal gesteckte Lebensalter erhalten, wenn man die Blüthenbildung unterdrückt, ein für Reseda odorata und andere Ziergewächse von den Gärtnern häufig ausgeführtes Kunststück. Der übermäfsige Verbrauch der Nahrungssäfte zur Ausbildung der Frucht und des Samens scheint nämlich hier die Ursache des Absterbens der einfachen Pflanze zu

sein, welche, da ihr die Endknospe zur Bildung neuer Blätter fehlt, auch nicht die Mittel hat, den Verlust aus sich zu ersetzen. Wenn dagegen der Sprofs einer zusammengesetzten Pflanze, welcher bedingungsweise der einfachen Pflanze zu vergleichen ist, zur Blüthe kommt und später Früchte bringt, so hört zwar mit dem Verlust seiner Endknospe, die bei der Blüthenbildung entweder zur Einzelblüthe oder zum Blüthenstande wird, auch sein Längswachsthum auf; allein als Theil einer zusammengesetzten Pflanze nicht auf sich allein angewiesen, kann er den Verlust der Säfte ertragen. Die Agave americana und der Drachenbaum (Dracaena Draco) mögen hier als Beispiele dienen. Die erstere, nur auf eine Endknospe angewiesen, kann sich nicht verzweigen; wenn die Endknospe zum Blüthenschaft wird, so stirbt die Pflanze nach der Samenreife aus Entkräftung ganz allmälig ab; schon während der Ausbildung des mächtigen Blüthenschaftes beginnen ihre grofsen saftigen Blätter welk zu werden. Der Drachenbaum dagegen mit Achselknospen versehen, welche, wenn die Endknospe zum Blüthenstand geworden, aber auch nur in diesem Falle zur Ausbildung kommen, verzweigt seinen Hauptstamm erst, wenn derselbe geblüht hat und ebenso verhalten sich seine Zweige, die gleichfalls erst, wenn ihre Endknospe zum Blüthenstand geworden, ihrerseits Zweige bilden (p. 29). Die Stämme der Musa sapientum, coccinea u. s. w., desgleichen der Strelitzia regina, welche aus der Endknospe blühen, sterben ab, wenn ihre Früchte reifen; Strelitzia Augusta dagegen, deren Blüthenstände aus Achselknospen hervorgehen, wird hochstämmig und blüht viele Jahre hintereinander. Dasselbe gilt sowohl für die kryptogamen Stammgewächse, als auch für die dicotyledonen Pflanzen. Die männlichen und weiblichen Stämmchen derjenigen Lebermoose und Laubmoose, deren Endknospe bei der Bildung der Fructificationsorgane nicht verloren geht, dauern fort und sprossen alle Jahr aus dieser Endknospe, gewissermafsen Stockwerke bildend, weiter (die männliche Pflanze von Plagiochila asplenoides und Polytrychum commune (Taf. VII. Fig. 24); wo diese aber verloren geht, da hört auch die Verlängerung des Stämmchens auf. Die Farnkräuter, deren Endknospe, so viel mir bekannt, niemals durch Bildung der Fructificationsorgane untergeht, haben demnach, sammt den sich nicht verzweigenden Palmen, ideel ein unbegrenztes Längswachsthum des Stammes. Die Bildung des Fruchtstandes vieler Kryptogamen scheint, gleich der Bildung des Blüthenstandes vieler Phanerogamen, gleichfalls das Absterben der

Endknospe zur Folge zu haben (bei Lycopodium clavatum und Equisetum). Beim männlichen und weiblichen Blüthenstand der Nadelhölzer erfolgt ganz dasselbe; doch kommen auch Beispiele vor, wo die Endknospe am Zapfen wieder zu einem Laubzweig auswächst (bei Larix) und wo die Endknospe des männlichen Blüthenstandes gleichfalls wieder in einen gewöhnlichen Laubtrieb übergeht (Araucaria brasiliensis[1]). Wenn dies geschieht, so wächst der Zweig noch ferner in die Länge, wo nicht, so hat sein Längswachsthum aufgehört. — Gleich dem Blüthenstande des Drachenbaumes, welcher abstirbt, wenn seine Früchte gereift sind, stirbt auch der Blüthenschaft derjenigen Orchideen, welche ein Rhizom besitzen, nach der Samenreife ab, während das letztere sich erhält und im kommenden Jahre aus einer Achselknospe einen neuen Blüthenschaft entwickelt (Cephalanthera, Epipogum, Corallorhiza). Bei der zusammengesetzten Pflanze stirbt nur der Blüthenschaft allein, bei der einfachen Pflanze dagegen mit ihm das ganze Gewächs ab. Es giebt nur wenige Pflanzen, bei denen der Blüthenschaft oder auch die Achse des Blüthenstandes nach erfolgter Samenreife fortbesteht; die männlichen Blüthenstände sterben sogar bald nach der Bestäubung ab (bei den Coniferen und Amentaceen). Alle Pflanzen nun, welche durch Bildung von Knospen neue Zweige erzeugen und durch dieselben in Verbindung mit der Mutterpflanze fortleben können, sind nicht einfach zu nennen, selbst wenn diese Verbindung nur von beschränkter Dauer ist, und die Mutterpflanze in der Kürze untergeht. So bei den Knollenorchideen, wo die Mutterknolle nur noch so lange lebt, als sie der Tochterknolle Nahrung zu bieten vermag (Orchis, Ophrys, Himantoglossum).

Bei der Betrachtung der Lebensdauer der Gewächse hat man deshalb 1. einfache und zusammengesetzte Pflanzenexemplare zu unterscheiden und 2. beim zusammengesetzten Pflanzenexemplar die Lebensdauer des einzelnen Sprosses, d. h. den Zeitraum, welchen er gebraucht um zur Fruchtreife zu kommen, 3. aber auch die Lebensdauer des zusammengesetzten Pflanzenexemplars selbst in's Auge zu fassen. Die Lebensdauer der einfachen Pflanze und des Sprosses wird zwar viel leichter zu bestimmen sein, aber dennoch, wie ich zeigen werde, sehr von den günstigen oder ungünstigen Umständen abhängen, welchen das Alter des zusammen-

[1]) Ich bewahre ein solches Exemplar, auf Madeira gewachsen.

gesetzten Pflanzenexemplars noch in viel höherem Grade unterworfen ist.

Die Agave americana, welche bei uns angeblich 100 Jahre alt werden mufs, um einen Blüthenschaft zu treiben, braucht auf den Canaren und um Sevilla, wo sie gleich unseren Dornhecken die Felder umgrenzt, oder als Ersatz der langweiligen Pappel die Kunststrafsen einfafst, nur 7 bis 8 Jahre. Die zahllosen Brutzwiebeln der Furcroya gigantea, welche im zweiten Jahre von dem oft mehr als 40 Fufs hohen viel verzweigten Blüthenstande fallen, bedürfen im unteren Theile von Funchal nur 7 bis 8 Jahre, um selbst wieder zur Blüthe zu kommen, aber schon 600 Fufs über dem Meere ist eine längere Zeit, 10 bis 12 Jahre, erforderlich, und noch höher aufwärts kommt die Pflanze gar nicht mehr zur Blüthe, erreicht dann aber, gleich der Agave unserer Gewächshäuser, ein viel höheres Alter. Der Drachenbaum blüht im Allgemeinen auf Madeira und Tenerife nicht vor dem 20sten Jahre, im Garten des Herrn Davidson zu Sta. Cruz sah ich dagegen auf einer der Sonne sehr exponirten Stelle schon einen achtjährigen Baum aus seiner Endknospe blühen. Die Höhe des Stammes, desgleichen die Länge der Aeste des Baumes wird von dem Alter, in welchem dieselben zur Blüthe gekommen, bestimmt; alte Drachenbäume zeigen häufig lange unverzweigte und kurze an der Spitze einen Zweigquirl tragende Aeste, und beweisen damit, dafs nicht jeder Sprofs desselben Baumes in einem bestimmten Alter zur Blüthe gelangt, dafs vielmehr auch der Zweig, proportional seiner Ernährung, sein Lebensziel, die Blüthenbildung, früher oder später erreicht. Mit dem alten Stamm und mit den alten Zweigen ist es anders, sie haben dies Lebensziel schon hinter sich, ihnen fehlen auch die Blätter, sie können deshalb aus der Luft selbst keine Nahrung nehmen, die jungen noch Blätter tragenden Zweige müssen deshalb für sie sorgen. Dasselbe gilt nun von den mit einer Korkschicht bedeckten Wurzelästen und Wurzelzweigen, für welche gleichfalls die Wurzelspitzen das Geschäft der Nahrungsaufnahme aus dem Boden versehen müssen. Die ernährenden Organe der zusammengesetzten Pflanze liegen somit an den beiden Endpunkten derselben, nämlich an den noch Blätter tragenden jungen Zweigen und den noch mit einem Epiblema (einer aufsaugungsfähigen Oberhaut) versehenen Wurzelspitzen, welche Theile sich aber von Jahr zu Jahr durch das Spitzenwachsthum der Zweige und Wurzeln mehr von einander entfernen. Die dazwischen liegenden

Theile der Wurzeln, des Stammes und der Aeste dienen gewissermaſsen nur als die Vermittler zwischen diesen Endpunkten, welche überdies, in den meisten Fällen, zu ihrem eigenen Dickenwachsthum einen groſsen Theil der Nahrungssäfte verbrauchen. Der von TREVIRANUS und v. MOHL ausgesprochene Gedanke, daſs die sich mit dem Alter des Baumes vergröſsernde Entfernung der Wurzel- und Zweigspitzen eine trägere Saftcirculation zur Folge haben möchte, ist demnach, wenigstens für viele Fälle, nicht von der Hand zu weisen, da er durch die allmälige Abnahme des Höhenwachsthums vieler Bäume und das Absterben derselben durch Gipfeldürre unterstützt wird; allein er kann nicht als Grund für alle Fälle dienen, denn der alte Drachenbaum zu Orotava und die Riesenbäume Californiens sind nicht gipfeldürre. Der erstere würde auch noch lange leben können, wenn er nicht, schon seit vielen hundert Jahren hohl, im Sturme vom 21. Juli 1819 bereits die Hälfte seiner Krone verloren hätte und aller Wahrscheinlichkeit nach auch die andere Hälfte über kurz oder lang verlieren wird (Fig. 288). — Viel häufiger als durch normales Absterben geht der Baum durch Hohlwerden seines Stammes oder Fäulniſs seiner Wurzeln zu Grunde. — Bei vielen Gewächshauspflanzen zeigen sich häufig die ersten Erscheinungen des Absterbens am Wurzelknoten, d. h. an der Grenze zwischen Stamm und Wurzel; bei gepfropften oder sonst veredelten Gewächsen dagegen geht die Erkrankung und das nachherige Absterben in der Regel von der Veredelungsstelle aus u. s. w.

Bei denjenigen Gewächsen, welche sich durch Samen und zugleich auch durch Stecklinge, Brutknospen u. s. w. vermehren, ist in der Regel kein weiterer Unterschied zwischen der beiderseitigen Nachkommenschaft vorhanden, als daſs die aus Samen gezogene Pflanze nur der Art, die aus dem Steckling gewonnene aber auch der Sorte angehört, wie das Edelreis gleichfalls die Sorte fortpflanzt. Wenn man nun den Steckling und das Pfropfreis als Theil eines Individuums betrachtet; als Einzelwesen aber nur die aus Samen gewonnene Pflanze ansieht, so muſs man dem Individuum in vielen Fällen eine unbegrenzte Lebensdauer zuerkennen, denn es steht für mehrere Gewächse, z. B. für die Bananen (Musa sapientum, M. paradisiacá, M. Cavendishi), welche niemals keimfähige Samen bringen, fest, daſs sie sich seit der geschichtlichen Zeit nur auf ungeschlechtlichem Wege vermehrt haben, und noch bis auf den heutigen Tag weder entartet, noch viel weniger aber ausgestorben sind, vielmehr in den Tropen-

ländern noch immer die Hauptnahrung der Menschen darbieten. Wenn dagegen die auf ungeschlechtlichem Wege vermehrten Sorten einiger Culturgewächse, z. B. Kartoffel- und Obstsorten, wirklich aus-

Fig. 288.



gestorben sind, so wird dies nicht in der begrenzten Lebensdauer der ursprünglichen aus Samen gezogenen Mutter- oder Ur-Ur-Mutterpflanze liegen, sondern in einer Entartung durch fehlerhafte Cultur oder sonstige Ungunst der Umstände ihre Ursache finden. Ich kann auch der Ansicht von Knight nicht beitreten, nach welcher einem jungen, z. B.

Fig. 288. Der alte Drachenbaum im Garten des Marques de Sauzal in der Villa de la Orotava auf Tenerife. Links ein junger Baum, rechts ein Baum, der 3mal blühte.

dreijährigen, Stamme, wenn er mit dem Reis eines 20—30jährigen Baumes veredelt wird, das Alter des letzteren mitgetheilt und er dadurch gewissermaßen frühzeitig alt gemacht werde. Zwar läßt sich nicht leugnen, daß, wenn man einen blühbaren Zweig des Epheu als Steckling verwendet, das junge aus ihm hervorgehende Pflanzenexemplar gleichfalls Blüthen bringt und den ganzen Habitus der blühbaren Pflanze behält, während ein Steckling des nicht blühbaren Zweiges ein steriles Pflanzenexemplar entwickelt. Nun blüht aber bekanntlich der Epheu erst bei einer nach vielen Jahren erlangten Größe und Kräftigkeit und ändert dann mit der Periode des Blühens auch seinen ganzen Habitus so vollkommen, daß man zwei verschiedene Pflanzen vor sich zu haben glaubt. Diese wesentlichen Verschiedenheiten der morphologischen Entwickelung müssen aber innere Ursachen haben, und diese bleiben im Steckling so gut als in dem mit der Gesammtpflanze verbundenen Zweige dieselben. Man kann nun den blühbaren Steckling des Epheu wohl mit dem Pfropfreis vergleichen, das auch die Eigenthümlichkeiten seiner Sorte behält, allein von einer Uebertragung des Alters der Mutterpflanze kann weder bei dem Steckling noch bei dem Pfropfreis die Rede sein. Bei letzterem aber drängt sich die Frage auf, ob selbiges und der Wildling, der mit ihm veredelt ist, auch zu einander passen, oder ob die längere Verbindung des Edelreises mit dem Wildling vielleicht, gleich einem ungünstigen Boden, eine Entartung des ersteren herbeiführt, worüber nur die Erfahrung entscheiden kann. So möchte ich wenigstens das Kränkeln älterer Obstsorten erklären.

Eine Unzahl tropischer Culturgewächse wird immer nur durch Stecklinge gezogen (das Zuckerrohr, die Inhame [Colocasia antiquorum], die Batate und der Cochenille-Cactus [Opuntia Ficus indica]) und sind dennoch, gleich der Banane, bis jetzt nicht ausgestorben. Von der genannten Opuntia schlägt jedes Stück eines Zweiges, wenn es nur einen feuchten Grund unter sich hat, Wurzeln und bildet im kommenden Frühjahr Zweige, ja sogar in die Erde gesteckte Blumen und Früchte bewurzeln sich und können ein neues, nach Umständen kräftiges, Pflanzenexemplar entwickeln. Die Anzucht aus Samen dagegen würde, da die sehr kleinen Keimpflanzen nur äußerst langsam wachsen, viele Jahre erfordern.

Wenn wir jetzt diejenigen Gewächse, welche ich einfach nenne, näher betrachten, so finden wir unter den krautartigen Pflanzen viele,

die in **einer** Wachsthumsperiode ihren ganzen Lebenscyclus durchlaufen. Ich darf nur an unsere Halmfrüchte erinnern, welche entweder im Herbst oder im Frühling gesäet werden, im Sommer aber ihren Samen reifen und darauf absterben; manche derselben sind zwar verzweigt, allein sie bilden nur Blüthenschäfte, aber keine ausdauernde Zweige. Mehrere Wiesengräser dagegen besitzen ein ausdauerndes Rhizom, das im nächsten Frühjahr wieder ausschlägt[1]); der holzige Wurzelstock von Arundo Donax und Saccharum officinarum verhält sich ebenso. Andere einfache Pflanzen (z. B. die Agave, die Furcroya u. s. w.) bedürfen **mehrerer** Wachsthumsperioden um bis zur Blüthe zu gelangen. Der zum Stamm werdende Trieb der Banane braucht auf Madeira unter günstigen Verhältnissen nur 3, sonst 4 Jahre, um zur Blüthe zu kommen; der Steckling der Ananas verlangt dort im Freien etwa dieselbe Zeit; der Steckling des Zuckerrohrs bringt dagegen schon innerhalb 11—12 Monate seinen Blüthenstand zur Entwickelung. Bei der Banane, die aus der Endknospe blüht, stirbt darauf der Stamm; bei der Ananas dagegen liefert die Blattkrone des Fruchtschaftes aufser den Seitensprossen einen neuen Steckling, und bei dem Zuckerrohr ist das Rhizom ausdauernd. Die Orchisknolle braucht **zwei** Wachsthumsperioden bis zur Ausbildung ihres Blüthenschaftes. Die Tochterknolle, welche sich um die Zeit der Blüthe entwickelt, gelangt erst im kommenden Jahre zur Blüthe; die aus Samen gewonnene Knolle derselben Orchis verlangt dagegen doppelt so viele Jahre, um die zum Blühen nöthige Gröfse und Kraft zu gewinnen (Himantoglossum hircinum), für Gladiolus segetum gilt dasselbe. Die aus Samen gezogenen Kartoffeln kommen gleichfalls nicht im ersten Jahre zur Blüthe, erst die Knollen des zweiten oder dritten Jahres werden blühbar. Schon das einfache Pflanzenexemplar hat somit nach der ihm eigenthümlichen Entwickelung ein verschiedenes Lebensalter, es ist mit dem Sprofs zu vergleichen, der ebenfalls nach der Pflanzenart begrenzte Lebensphasen hat. Der Seitensprofs der Opuntia Ficus indica verlängert sich nur in seiner ersten Wachsthumsperiode, während der aus der Plumula des Embryo hervorgegangene Hauptsprofs der Keimpflanze noch im zweiten Jahre (ob ferner?) in die Länge wächst. Der Seitensprofs der genannten Opuntia bringt dagegen schon in der zweiten Wachsthumsperiode aus seinen Achselknospen entweder neue Zweige oder

---

1) Hanstein, Unterirdische Sprosse. Flora 1857. p. 753—755.



Eine Gruppe der *Euphorbia canariensis* auf den Barrancos um Sta. Cruz de Tenerife.

Blüthen; da aber nicht alle Achselknospen zu gleicher Zeit treiben, so behält derselbe auch für die späteren Jahre die Fähigkeit, aus den noch nicht verbrauchten Knospen Zweige und Blüthen zu bilden. Die Gesammtpflanze kann viele Jahre alt werden und in diesem Falle zu einem, bis 20 Fufs hohen, baumartigen Exemplare heranwachsen, dessen untere Gliederäste allmälig cylindrisch und oftmals einen Fufs im Durchmesser stark werden. Die Sprosse der Euphorbia canariensis dagegen, welche nur an ihrer Spitze blühen und 4—6 kantige Säulen bilden, verlängern sich viele Jahre hintereinander. Ein Pflanzenexemplar bildet durch wiederholte Zweigbildung oftmals ungeheure Gruppen, bis 24 Fufs im Durchmesser (auf den Barrancos um Sta. Cruz de Tenerife). Da nun diese Pflanze nur sehr langsam wächst, so mufs dieselbe nothwendig auch ein hohes Alter erreichen. Ihre alten, holzigen Aeste haben häufig ½ Fufs im Durchmesser. Jeder Zweig dieser Euphorbia verlängert sich bis zu einer Höhe von 12 Fufs und darüber, während der Sprofs der Opuntia schon im ersten Lebensjahre sein Längswachsthum abschliefst. Die jungen 10—12jährigen Exemplare der Euphorbia canariensis kommen noch nicht zur Blüthe, die Achselknospen ihrer Zweige dagegen bleiben entwickelungsfähig, sie können noch nach vielen Jahren zur Bildung eines neuen Zweiges dienen und zeigen die wagerechte Verbindung mit dem Marke, auf welche Hartig[1]) bei ähnlichen Achselknospen der Holzgewächse hingewiesen hat, besonders deutlich. Da das Holz der tropischen Euphorbien keine Jahresringe besitzt, so ist es auch nicht möglich ihr Alter zu bestimmen.

Während nun die krautartigen Gewächse im Allgemeinen nur eine kurze Lebensdauer zeigen und, nachdem sie geblüht haben, ganz (die einfachen) oder theilweise (die zusammengesetzten Pflanzen) untergehen, und demnach wirklich ein- oder zwei- oder mehrjährig sind, oder ein- oder mehrjährige Sprosse besitzen und einen perennirenden Theil zurücklassen, sind die Holzgewächse fast durchweg auf eine gröfsere Lebensdauer angewiesen. Hier haben wir wieder einfache Pflanzen, die niemals aus ihrer Endknospe blühen und sich nicht verzweigen (die Mehrzahl der Palmen), und zusammengesetzte, welche Seitensprosse treiben. Für sie müfste man eigentlich die Lebensphasen des einzelnen Sprosses sowohl als auch der Gesammtpflanze studiren; allein es würde mich zu weit

[1]) Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkunde. p. 300. — Ders., Lehrbuch für Förster. Bd. I. p. 175.

führen, wenn ich darauf näher eingehen wollte, auch findet man in den Arbeiten A. Braun's[1]) ein reiches Material für die Sprofsfolge verschiedener Pflanzen, welche er mit dem Generationswechsel im Thierreich vergleicht (p. 182). Ich will hier nur für einige unserer Waldbäume die verschiedenen Lebensphasen bezeichnen und nachweisen, dafs auch diese, gleich der Lebensdauer der Pflanze überhaupt, sehr von Umständen und Verhältnissen abhängen.

Als die erste Lebensperiode des Baumes kann man den Zeitraum von der Keimung bis zur ersten Blüthenentwickelung bezeichnen; die zweite bildet alsdann den Zeitraum vom ersten Blüthenjahr bis zur Zeit der Wachsthumsabnahme des Stammes im Allgemeinen und die letzte Periode endigt mit dem Absterben des Baumes[2]). Scharfe Grenzen lassen sich hier nicht ziehen. Bäume, welche in der Jugend sehr rasch wachsen, durchlaufen die erste Lebensperiode sehr schnell, die Kiefer, Lerche und Birke. Die Tanne, Fichte und Buche dagegen wachsen in den ersten Lebensjahren langsam, bis zur Blüthezeit machen sie darauf sehr starke Höhentriebe. Die Tanne kommt selten vor 30—40 Jahren zur Blüthe, die Kiefer und die Lerche dagegen bringen schon mit 10 und 12 Jahren Zapfen; die Eiche und die Buche blühen ebenfalls erst nach einer Reihe von Jahren, allein es ist als höchst seltener, vielleicht einzig dastehender, Fall auch schon einmal eine Keimpflanze der Eiche beobachtet worden, welche im ersten Jahre Blüthen brachte (p. 475). Die Abnahme des Wachsthums im Allgemeinen, der Eintritt in die dritte Lebensperiode, erfolgt bei den schnell wachsenden Bäumen in der Regel früher als bei den langsam wachsenden Stämmen. Die Kiefer und die Fichte erreichen ihre Wachsthumshöhe in der Regel schon mit 80—100 Jahren, die Tanne bewahrt sie unter Umständen viel länger; die Buche entwickelt in der Regel erst nach 130—150 Jahren schwächere Jahresringe; das Dickenwachsthum der Eiche vermindert sich erst mit 150—200 Jahren, und bei der ächten Kastanie dauert das volle Dickenwachsthum im Süden wohl noch doppelt so lange, woraus sich die enorme Stammdicke der verhältnifsmäfsig nicht so alten Bäume auf Madeira und den Canaren erklärt. Die Dauer der letzten Periode ist noch schwankender und noch mehr von örtlichen und zufälligen Verhältnissen abhängig, als der Zeitraum der beiden anderen Perioden, denn nur wenig Bäume kommen bei uns zum natur-

[1]) A. Braun, das Individuum der Pflanze. p. 73.
[2]) Mein Baum p. 305.



gemäfsen Absterben. Die leichten, schnell wachsenden Holzarten sterben in der Regel früher ab; aber schon die Linde macht hier eine Ausnahme.

Der Stamm der ältesten deutschen Linde, bei Neustadt am Kocher, soll 32 Fufs im Umfang haben, sie ist schon im Jahre 1408 besungen worden[1]. Die alten Kiefern auf dem Hain bei Rudolstadt haben nach meiner eigenen Zählung 280—300 Jahresringe, die Holzlagen der letzten 100 Jahre sind so schmal, dafs man sie nur mit der Lupe zu zählen vermag. Die Tannen auf dem Wurzelberg bei Katzhütte (siehe die nebenstehende Fig. 289) im Thüringer Walde sind über 300—400, ja nach einer neuen Zählung der Jahresringe der gröfsten Stämme bis 600 Jahre alt; sie sind einzeln gipfeldürre. Auf Tenerife sieht man mehrfach alte Kiefern (Pinus canariensis), Erinnerungen aus der Zeit der Conquista, meistens mit einem Muttergottesbilde geschmückt. Riesenhafte Kastanien, von 32 und 36 Fufs im Stammumfang, auf Madeira und Tenerife, sind wahrscheinlich von den Conquistadores zu Anfang des funfzehnten Jahrhunderts gepflanzt, da nirgends der Kastanie als einheimischen Baumes, wohl aber seiner Anpflanzung durch die Eroberer, gedacht ist. Noch gröfsere Lorbeerbäume (Oreodaphne foetens), von 38—42 Fufs im Stammumfang, bei 90—120 Fufs Höhe (auf der Achada do Iudeo im Norden von Madeira), haben sicherlich, da der Lorbeerbaum nur langsam wächst, die Entdeckung der Insel (1419) gesehen. Die alten Stöcke einer anderen Lorbeerart (Persea indica), im Walde von Agua Garcia auf Tenerife, messen gleichfalls über 40 Fufs, sie dienen den mächtigen Stämmen als Sockel[2]. Die alte Eiche zu Pleischwitz bei Breslau hatte nach Göppert[3] 42⅙ preufsische Fufs im Umfang, ihre Höhe betrug dagegen nur 78 Fufs, sie wurde von Göppert auf 700 Jahre geschätzt. Der alte Rosenstock an der Crypta des Domes zu Hildesheim, der Sage nach schon von Ludwig dem Frommen gepflanzt, ist sicherlich sehr alt. Aus seinem kaum über die Erde vorragenden Stocke, der 10 Zoll Durchmesser hat, entsprossen mehrere bis 2 Zoll starke Triebe, welche einem Weinstock gleich die Wand der Kapelle bekleiden. Der alte Drachenbaum zu Orotava (Fig. 288. p. 538), dessen Stamm nach le Dru am Boden 74 Fufs Umfang besitzt, nach einer

[1] Masius, Naturstudien, erste Ausgabe. p. 120. — Link, die grofse Linde bei Neustadt. Flora 1850.

[2] Mein Bericht über Madeira und Tenerife. Taf. VI.

[3] Göppert, die grofse Eiche bei Pleischwitz. Bot. Zeitg. 1857. p. 886.

spanischen Angabe aber 17½ Varas (38 Fuſs 1½ Zoll engl. Maſs) im Durchmesser hält und dessen Höhe 22 Varas oder 60½ Fuſs beträgt, hat sicher ein Alter, das weit über jede geschichtliche Zeit hinausgeht; er soll zur Zeit der Eroberung der Inseln durch die Spanier schon eben so stark und hohl als jetzt gewesen sein. Auch der noch wunderschön erhaltene Drachenbaum zu Icod de los vinos, etwa 36 Fuſs im Umfang, ist jedenfalls sehr alt. Die alle bisherigen Vorstellungen über die Gröſse der Bäume hinter sich lassende Wellingtonia gigantea aus der Grafschaft Calaveras in Californien, deren angeblich gröſstes Exemplar als 116 Fuſs hohe, wieder aufgebaute, Rindensäule den Krystallpalast zu Sydenham ziert, hat am Boden 31 Fuſs und in einer Höhe von 100 Fuſs noch 15 Fuſs Durchmesser. Bis zu einer Höhe von 140 Fuſs vollkommen astrein, stieg die ausgebreitete Krone bis zu einer Höhe von 363 Fuſs empor. Dieser Baum wird nach seinen nur verhältniſsmäſsig schmalen Jahresringen auf 3000—4000 Jahre geschätzt. Auch der Taxusbaum von Braburn in der Grafschaft Kent soll 3000 Jahre alt sein, und der Baobab endlich nach Adanson sogar 5000 bis 6000 Jahre erreichen. Allein dieser Baum wächst schnell, sein leichtes Holz legt jährlich sehr bedeutend auf, so daſs ich die Altersschätzung dieser Riesenbäume Afrikas etwas zu hoch vermuthe. (Ein vierzigjähriger Baobab in Sta. Cruz hat bereits 10 Fuſs im Umfang.)

Die Mehrzahl der hier aufgeführten Bäume lebt noch jetzt, von den dahingeschiedenen aber ist kaum einer eines natürlichen Todes gestorben. Die alte Eiche von Pleischwitz war hohl und stürzte zusammen; der alte Drachenbaum zu Orotava, gleichfalls hohl, wird wohl demselben Schicksal nicht entgehen. Der Baum von Icod de los vinos dagegen ist ein kerngesundes Exemplar. Der Rosenstock zu Hildesheim, mehrmals durch Feuer fast vernichtet, hat immer neuen Stockausschlag gebracht und treibt jetzt aus kerngesunden Aesten. Die gröſste Kastanie Madeira's (zu Campanario) ist zwar hohl, hat aber eine prächtige Krone und trägt noch massenhaft alljährlich Früchte. Auch die Riesenbäume Californiens sind nach den englischen Berichten und Abbildungen noch im vollsten Wachsthum. Nur die Kiefern bei Rudolstadt und die Tannen des Wurzelberges sind sämmtlich schwach beästet und zum Theil schon gipfeldürre. — Diese Beispiele alter Bäume, die ich meistens selbst gesehen, genügen wohl, um zu beweisen, daſs 1. der Baum nicht die Nothwendigkeit seines Unterganges in sich selber trägt, und daſs 2. sogar in manchen Fällen

selbst eine riesenhafte Verlängerung des Stammes (Wellingtonia) die Saftcirculation nicht zu behindern scheint, und dafs endlich 3. nur wenige Bäume eines natürlichen Todes sterben, die Mehrzahl aber der Ungunst der Verhältnisse zum Opfer wird.

XX. Nachträge.

Zu §. 3. p. 12. Der Pflanzenzellstoff ist nach Schweizer und Cramer in Kupferoxyd-Ammoniak löslich und wird durch Salzsäure wieder als flockiger Niederschlag gefällt. Allein nicht alle Pflanzenzellen zeigen hier ein gleiches Verhalten. Bei einigen tritt nach Cramer *a*) gar keine Wirkung ein (Kork, Bastzellen der China, Pappushaare, Traubenkörper der Urticeen, bei einigen Algen, Flechten und Pilzen). Bei anderen erfolgt *b*) nur eine blaue Färbung durch das Reagenz (Fucaceen, Caulerpa, Gallerthüllen des Nostoc, einige Holzzellen u. s. w.). Wieder bei anderen zeigt sich *c*) ein Aufquellen der Zellenmembran mit oder ohne Färbung (Baumwolle, Hanf- und Leinfaser, Endospermzellen v. Collomia). Und endlich erfolgt *d*) eine vollständige Lösung (die Gallerte des Samen von Collomia, Cydonia und Linum; die Bastzellen des Leins, die Bastzellen des Hanfes und die Baumwollenzellen sind zum gröfsten Theil löslich). Die Lösung geht beim diosmotischen Versuch durch ein Caulerpablättchen (Bd. I. p. 361). Das Stärkmehl quillt in Kupferoxyd-Ammoniak bedeutend auf ohne gelöst zu werden, der Zellkern und der Primordialschlauch (der Schneebeere) sind dagegen löslich (Cramer, Verhalten des Kupferoxyd-Ammoniak zur Pflanzenmembran. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich 1857). Ich habe die Versuche theilweise wiederholt und kann dieselben bestätigen; alle verholzten und verkorkten Zellen werden wenig oder gar nicht angegriffen, quellen und lösen sich aber in der Regel nach der Behandlung mit Aetzkali oder mit Salzsäure und chlorsaurem Kali. Die Aufquellungserscheinungen der nicht verholzten Bastzellen und der Stärkmehlkörner sind sehr interessant und verdienten noch weiter verfolgt zu werden, im Allgemeinen aber wirkt die Reagenz viel schwächer als die Chlorzink-Jodlösung. Man bereitet dasselbe am besten aus frisch gefälltem Kupferoxydhydrat, welches in Salmiakgeist gelöst wird.

Zu §. 3. p. 15. Hartig's **Klebermehl** (Aleuron) ist eine geformte Proteinverbindung, in welcher sogar krystallinische Einschlüsse ähnlicher Zusammensetzung vorkommen. Hartig hat überdies krystallisirbare Stickstoffverbindungen im Safte keimender Pflanzen und im Frühlingssaft der Bäume nachgewiesen (Nachträge p. 556).

Zu §. 4. p. 35. Die Endospermzellen von Ardisia excelsa färben sich auf ganz dünnen Querschnitten schon durch Jodlösung schön blau. Nägeli vermuthet, dafs auch die Membran der Pflanzenzelle, gleich dem Stärkmehlkorn, aus Zellenstoff und Stärke zusammengesetzt sei, deren Verhältnifs zu einander sehr verschieden auftreten kann, so dafs bald die Reaction des einen, bald des anderen mehr vorwaltet (Nachträge p. 548).

Zu §. 5. p. 36. In der, wahrscheinlich einer Moquilea-Art angehörigen, Rinde, welche die Bewohner Trinidads el Canto nennen, und aus deren Asche sie, mit Thon gemengt, Töpfergeschirre darstellen, sind alle Zellenarten mehr oder weniger verkieselt; doch scheint hier die Kieselsäure weniger in die Membran der Zellen als in dem Protoplasma, welches im Umkreis der Zelle verbreitet war, aufgenommen zu sein, oder zum wenigsten nur den innersten Schichten dieser Zellen anzugehören, weil nach Entfernung der organischen Substanz durch oxydirende Mittel (Salpetersäure und chlorsaures Kali, Chromsäure, Verbrennen mit chlorsaurem Kali) ein Kieselskelett der Zellen zurückbleibt, an welchem die Porencanäle als äufserst zierliche Vorsprünge auftreten. Dieselbe Erscheinung zeigt sich noch schöner bei den getüpfelten Gefäfszellen des Kernholzes der Tectona grandis, in welchem überdies noch formlose Kieselerde als Inhalt vorkommt. Bei Moquilea und Petraea sind die Zellen der Rinde verkieselt, während das Holz keine Kieselsäure aufgenommen hat, bei Tectona ist es umgekehrt, doch sind hier fast ausschliefslich die Gefäfse und zwar nur im älteren Holz verkieselt. Die Oberhaut der Blätter von Moquilea und Petraea giebt das zierlichste Kieselskelett. — Ich verweise für das Nähere auf die schönen Untersuchungen von Crüger, welcher die Güte hatte, mir von dem Material mitzutheilen (Bot. Zeitung 1857. p. 281). Das Kieselskelet dieser Zellen giebt, wenn es durch Behandlung mit oxydirenden Flüssigkeiten und nachherigem Verbrennen mit chlorsaurem Kali von der organischen Substanz befreit worden, auf dem schwarzen Felde des Polarisationsmikroskopes kaum eine Lichterscheinung. Wenn man mäfsig dünne Längsschnitte des sehr festen und schweren Holzes von

Brosimum guianense in der Platinschale einäschert, so hinterbleibt ein Skelet des Holzes, das aus kohlensaurem Kalk besteht. Einen geringeren Kalkgehalt findet man auch bei verschiedenen anderen Hölzern.

Zu §. 5. p. 42. Nach Unger wirkt der elektrische Strom auf die Bewegung des Protoplasma. Bei Chara hatte derselbe eine augenblickliche Hemmung der Saftcirculation zur Folge, welche jedoch bei der Fortdauer des elektrischen Stromes später zurückkehrte, aber durch Vermehrung der Plattenpaare abermals gehemmt und durch eine sehr starke Säule für mehrere Stunden unterbrochen wurde. Eine allmälige Verminderung der Plattenpaare bewirkte eine schnellere Rückkehr der Saftströmung (Unger, Anatomie und Physiologie p. 77).

Zu §. 5. p. 49. Was v. Mohl Primordialschlauch nennt, bezeichnet Hartig als äufsere Ptychode-Membran. Nach seiner jetzigen Auffassung besteht die Ptychode aus einer äufseren und einer inneren Membran, das Protoplasma aber ist zwischen derselben im Ptychoderaum enthalten, die Saftströme verlaufen nach Hartig im Innern feiner Canäle der Ptychodehaut. Die Ptychode bildet sich aus einem Theile des Zellkernes, dessen Kernkörperchen einen neuen Zellkern erzeugt. Die Ptychode selbst aber wird zur Zellenmembran, während der Zellkern eine neue Ptychode hervorbringt, welcher Procefs sich so oft wiederholt, als neue Verdickungsschichten abgelagert werden. Im Ptychodeschlauch bilden sich die organisirten Körper der Zelle (neue Zellen, Stärkmehl, Inulin, Chlorophyll und Klebermehl) auch theilt sich derselbe bei der Zellenbildung durch Theilung. Der Zellkern ist nach Hartig das wichtigste Element der Pflanzenzelle, indem aus ihm die ersten Anfänge neuer Zellen, sowie aller organisirten Körper hervorgehen (Hartig, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes. Leipzig 1858. p. 1—4). Ich kann mich diesen Ansichten nicht überall anschliefsen, bekenne mich vielmehr zur Pringsheim'schen Auffassung der Zellenbildung und Verdickung, welche mit meinen eigenen Beobachtungen am besten harmonirt.

Zu §. 7. p. 56. Ueber das Stärkmehl hat Nägeli[1]) eine grofse, sich auf vieljährige Untersuchungen gründende, Arbeit geliefert, deren Hauptresultate ich hier mittheilen will, für das Specielle aber auf das Buch selbst verweisen mufs. Nägeli hat gefunden; dafs das Stärkmehlkorn aus zweierlei Stoffen, aus Stärke und Pflanzenzellen-

[1]) C. Nägeli, die Stärkmehlkörner. Zürich 1858.

stoff, besteht und daſs diese beiden Stoffe nicht, wie Maschke[1]) angenommen, in abwechselnden Schichten, sondern in gegenseitiger Durchdringung vorkommen. Das Speichelferment zieht die Stärke aus und läſst die Cellulose zurück, wobei die Körner sowohl ihre Gestalt als auch ihre Schichtung behalten, dagegen an Gröſse abnehmen und ihren dunkelen Randschatten verlieren. Jodlösung färbt das Skelett des ehemaligen Stärkmehlkornes gelb, Jod und Schwefelsäure färben dasselbe blau. Das Mischungsverhältniſs der Stärke und des Zellstoffes zu einander ist nach Nägeli bei den Stärkmehlkörnern bestimmter Pflanzen sehr verschieden; die Weizenstärke enthält nur Spuren der Cellulose, das Stärkmehlkorn im Samenmantel von Chelidonium dagegen nur sehr wenig Stärke, das Stärkmehlkorn der Kartoffel endlich hat nach ihm 6—7mal soviel Stärke als Zellstoff. Sogar die verschiedenen Schichten desselben Stärkmehlkornes enthalten verschiedene Mengen beider Stoffe, die dichteren Schichten führen mehr Cellulose. Auch die Membran der Pflanzenzellen besteht nach Nägeli vielfach aus einer Mischung von Stärke und Zellenstoff, doch ist im Allgemeinen hier der letztere vorherrschend. Er nennt den Stärkestoff, der sich durch Speichel bei längerer gelinder Erwärmung (45 bis 55° C.) ausziehen läſst, weil er sich leichter als die Cellulose löst, und durch Jodlösung blau gefärbt wird, Granulose. Die Mischung der Granulose und Cellulose, wie sie in den Stärkmehlkörnern und in der Membran der Pflanzenzellen vorkommt, unterscheidet er wieder *A.* nach der Art ihrer Färbung mit wässeriger Jodlösung, als 1. Amyloid, das sich unmittelbar blau oder violett färbt (die Stärkmehlkörner aller Pflanzen, die Cotyledonzellen einiger Papilionaceen, die Albumenzellen einiger Portulaceen und Caryophylleen[2]), die Asci aller wahren Flechten [Bd. I. p. 174], einige Pilze [p. 193] u. s. w.); 2. Mesamylin, mit schmutzig blauer Färbung und Beimischung von Braun (die Stärkmehlkörner von Chelidonium, die Albumenzellen der Irideen, Liliaceen, Amaryllideen u. s. w., die Cotyledonzellen von Tropaeolum, die Membran vieler Zellen, oftmals aber nur im jungen Zustande oder später in besonderen Schichten); 3. Desamylin, das durch Jodlösung gar nicht oder nur gelb gefärbt wird, auch mit Jod und Schwefelsäure

---

[1]) Bot. Zeitung 1855. p. 407.

[2]) Das Sameneiweiſs der Ardisia crenulata ist nach Nägeli Mesamylin, die Albumzellen der Ardisia excelsa nehmen dagegen nach meinen Untersuchungen auf sehr zarten Schnitten schon durch Jod eine rein blaue Färbung an.

keine blaue Färbung annimmt (die Membran der meisten Pflanzenzellen, insbesondere der verholzten oder vertrockneten Gewebe). *B.* Nach der Weise des Aufquellens, als 1. Gelin, im trockenen Zustand hornartig und knorpelig, in kaltem Wasser aufquellend und durch kochendes Wasser sich noch mehr ausdehnend (im schleimgebenden Gewebe gewisser Samen, ferner bei den Gallertflechten und Gallertalgen); 2. Medullin, als trockenes Gewebe wenig hart, in kaltem Wasser nicht, und in verdünnten Säuren wenig aufquellend, wird von verdünnter Schwefelsäure beim Kochen gelöst (die meisten Parenchymzellen des Pflanzenreichs oder einzelne Theile ihrer Wandung); 3. Lignin, auch im feuchten Zustand hart, wird durch verdünnte Schwefelsäure nicht verändert und von concentrirter Schwefelsäure gar nicht oder doch nur schwierig aufgelöst (die verholzten oder vertrockneten Pflanzenzellen oder einzelne Schichten derselben). Diese beiden Reihen gehen nach Nägeli nicht immer parallel mit einander; so enthält das Gelin keine Stärke (Granulose), auch glaubt er, dafs die chemische Verbindung der verholzten Gewebe nach dem Erwärmen mit Salpetersäure oder Aetzkali weniger auf einer Entfernung eingelagerter Stoffe, welche die blaue Färbung der Cellulose durch Jod und Schwefelsäure verhindern, als auf einer Umstimmung der Molecularbeschaffenheit seines Lignins beruhe.

Alle Stärkmehlkörner sind nach Nägeli geschichteter Natur; die Schichten können vollkommene Blasen, aber auch Abschnitte (Theile) derselben sein, sie sind sowohl unter sich als auch an bestimmten Stellen von ungleicher Breite, beziehen sich aber jederzeit auf einen gemeinsamen Mittelpunkt (Schichtungscentrum) und sind von ungleicher Dichtigkeit. Die wasserreichen Schichten erscheinen unter dem Mikroskop mit röthlicher Färbung. Eine homogene, wenig verdichtete, Masse, oftmals einer kleinen Höhle ähnlich, bildet den centralen oder excentrischen Kern des Stärkmehlkorns. Bisweilen kommen mehrere Kerne und dann ebenso viele Schichtungssysteme in einem Stärkmehlkorne vor. Risse entstehen durch ungleiche Ausdehnung der Substanz beim Wachsthum, desgleichen durch Druck, Austrocknen und durch die Art des Aufquellens, auch durch Wasserentziehung bei der Behandlung mit absolutem Alkohol. Der Wassergehalt der frischen Stärkmehlkörner beträgt $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{2}$ ihres Gewichtes, lufttrocken enthalten sie noch $\frac{1}{5}$ Wasser. Die inneren Theile des Stärkmehlkornes sind in der Regel wasserreicher als die äufseren, der Kern hat den gröfsten Wasser-

gehalt, er ist aber niemals ein mit Flüssigkeit erfüllter Hohlraum; wenn er dagegen als solcher erscheint, so ist der innere Theil des Kornes schon durch Auflösung verschwunden.

Das Aufquellen der Stärkmehlkörner erfolgt nach Nägeli bei einer bestimmten Temperatur oder Concentration der Flüssigkeit; die Structur und Form des Kornes wird dabei dauernd verändert. Die wasserreichsten Theile des Kornes quellen zuerst auf; die inneren Theile durchbrechen deshalb häufig die äufseren dichteren Schichten, oder es bildet sich, wenn die letzteren langsam der Ausdehnung folgen, allmälig eine weitere Höhle, bis zuletzt die Schichtung verschwindet und eine überall gleichmäfsige Masse als blasenartige Hülle zurückbleibt. Die grofsen Körner der Kartoffelstärke beginnen schon bei 55° C. zu quellen, die kleinen Körner verlangen eine höhere Temperatur (65° C.); bei 86° ist das Maximum des Aufquellens erreicht. Die Erscheinungen des Aufquellens sind nach dem Grade der Einwirkung wesentlich verschieden. Lufttrockene Stärkekörner, einer hohen Temperatur ausgesetzt, quellen später schon im kalten Wasser auf, im Oelbade, bis auf 200° C. erhitzt, verwandeln sie sich, nach Payen, vollständig in Dextrin. In Wasser aufgequollenes Stärkmehl quillt, wenn es eingetrocknet wurde, nicht wieder auf; durch Frost veränderter Kleister verliert ebenfalls sein Wasser, ohne es später wieder aufzunehmen.

Durch Einwirkung des kochenden Wassers, desgleichen durch verdünnte Säuren und Kalilösung, überhaupt durch Flüssigkeiten, welche ein Aufquellen bewirken, wird das Stärkmehlkorn von Innen nach Aufsen gelöst; concentrirte Säuren, desgleichen Fermente und Proteinverbindungen lösen es dagegen von Aufsen her[1]). Beim Rösten wird das Stärkmehl in Dextrin verwandelt, der Kern und die inneren Schichten verschwinden zuerst. Nägeli hält eine Stärkelösung durch Mineralsäuren bei gewöhnlicher Temperatur oder durch Kochen mit Wasser bei 150°, desgleichen durch anhaltendes Kochen mit Wasser oder Kalilösung erhalten, wenn sie unter dem Mikroskop vollkommen klar erscheint, mit Jodlösung aber in einer überall gleichmäfsig blau gefärbten Flüssigkeit freischwimmende Körner zeigt, für eine **wahre Lösung** und glaubt, dafs alle Substanzen, welche eine Umwandlung der Stärke in Dextrin bewirken, zuerst eine Lösung der wirklichen

[1]) Die Chlorzink-Jodlösung greift das Stärkmehlkorn ebenfalls von aufsen her an.

Stärke veranlassen. Die unreifen Samen von Peganum Harmala Lin. und noch viele andere Samen enthalten nach ihm aufgelöste Stärke. Auch Schenk hat in der Epidermis des Blattes, Stengels u. s. w. verschiedener Ornithogalum-Arten und Sanio in der Epidermis der Blätter von Gagea formlose Stärke beobachtet. (Botan. Zeitung 1857. p. 497 und 420.) Nägeli unterscheidet 3 Modificationen der Stärke: 1. organisirte Substanz, welche in kochendem Wasser durch mehrtägige Einwirkung gelöst wird; 2. desorganisirte Substanz, von der Beschaffenheit des geronnenen Eiweifses, in kochendem Wasser nach kurzer Zeit löslich; 3. desorganisirte Stärke von salbenartiger Beschaffenheit, schon in kaltem Wasser löslich. Stärkelösung, durch Alkohol gefällt, liefert nach Maschke die dritte Modification, welche durch Verdunsten an der Luft in die zweite Form übergeht[1]).

Nägeli hat seine frühere Ansicht über die Bildung der Stärkmehlkörner dahin geändert, dafs dieselben im frühesten Zustande aus einer dichten Substanz bestehen, in welcher sich zuerst der kugelige Kern als weiche Masse abscheidet, welcher, nachdem er sich vergröfsert hat, concentrisch sich in einen neuen kleinen sphärischen Kern und in eine mittlere dichte und eine äufsere weiche Schicht, letztere beide in Form von Kugelschalen, theilt. Die Rinde, sowie die durch Theilung des Kernes entstandenen Schichten spalten sich darauf zu wiederholten Malen concentrisch, nachdem sie je bis auf eine gewisse Mächtigkeit gewachsen sind; häufiger spaltet sich eine dichte Schicht in je zwei gleiche und eine dazwischen liegende weiche Schicht, viel seltener zerfällt eine weiche Schicht in zwei Platten. Wenn die sich spaltende Schicht überall die gleiche Dicke besitzt, so erfolgt die Spaltung im ganzen Umkreis, ist sie dagegen von ungleicher Stärke, so bleibt die schwächere Partie ungetheilt. Aufserdem findet eine Verdichtung der Substanz statt. Die einfachen Körner wachsen von der Oberfläche nach der Mitte zu und zwar durch Intussusception. Es ist nach Nägeli kein Grund vorhanden, neben der Einlagerung neuer Substanz noch eine Ablagerung von Aufsen her anzunehmen. In den weichsten Schichten, welche die meiste Granulose enthalten, ist das lebhafteste Wachsthum. Da nun der Grad der Weichheit eines Stärkmehlkornes von der Peripherie zur Mitte zunimmt, so wachsen auch die inneren Theile rascher als die äufseren, dichteren, mehr Cellulose

[1]) In Kupferoxyd-Ammoniak quillt das Stärkmehlkorn auf ohne gelöst zu werden (Cramer).

enthaltenden, Schichten, welche kaum an Dicke zunehmen. Die Ungleichheit im Wachsthum der Schichten steigert sich wieder mit der Entfernung derselben vom Kerne; in dem langen Radius eines Stärkmehlkornes mit excentrischem Kerne (Kartoffelstärkmehl) wiederholt sich deshalb die Spaltung [1]) viel häufiger. Die Neigung zu ungleichem Wachsthum ist in der Regel schon von Anfang an gegeben und ändert sich nur in verhältnifsmäfsig seltenen Fällen (Stärkmehlkörner mit sehr unregelmäfsiger Schichtung im Mark von Cereus variabilis). Das Maximum der Einlagerung liegt im Mittelpunkt des Kornes; bei den knochenförmigen Amylumkörnern des Milchsaftes tropischer Euphorbiaceen aber in der Mitte der beiden Enden des Kornes [2]).

Nägeli unterscheidet zusammengesetzte und halbzusammengesetzte Körner. Die zusammengesetzten Stärkmehlkörner entstehen, wenn eine Theilung des Kernes im frühen Zustande des Kornes stattfindet und die beide Theilkerne umhüllende Substanz durch eine entstandene Spalte vollständig durchbrochen wird. Die Theilkörner wachsen darauf wie einfache Körner. Die halbzusammengesetzten Stärkmehlkörner bilden sich dagegen in doppelter Weise, nämlich 1. durch Theilung des Kernes in zwei Theile, 2. durch Auftreten eines neuen Kernes in den äufseren Schichten und Abschneidung desselben sammt der umhüllenden Substanz als kleines Theilkorn. Jedes Theilkorn tritt darauf, in der Regel von dem anderen durch eine Spalte getrennt, als eigenes Schichtungscentrum auf; bei excentrischer Schichtung wird auch der Kern des Theilkornes später excentrisch. Die äufseren Schichten, welche dem einfachen Stärkmehlkorn angehören, nehmen nach der Theilung ihres Kernes nicht mehr an Dicke zu. Die Theilung

---

[1]) Auch die Schichtung der Zellmembran erklärt Nägeli jetzt durch Spaltung einer ursprünglich homogenen Masse, ganz so wie er die Schichtenbildung der Stärkmehlkörner beschreibt.

[2]) Die Stärkmehlkörner von Euphorbia nicaeensis sind nach Nägeli in frühester Jugend kugelig, später werden sie oval und darauf länglich; bei Euphorbia nereifolia sind nur die ersten unmefsbaren Anfänge der Stärkmehlkörner kugelig, sie werden schon frühe stabförmig und sind dann 5 mal so lang als dick. In den noch sehr schwach verdickten Milchsaftgefäfsen einer eben dem Samen entschlüpften Keimpflanze von Euphorbia canariensis finde ich nur stabförmige, noch sehr dünne, Stärkmehlkörner, während das benachbarte Parenchym kleine kugelige Stärkmehlkörner enthält. Merkwürdig bleibt es überhaupt, dafs bei den tropischen Euphorbiaceen nur die Milchsaftgefäfse stab- oder knochenförmige Stärkmehlkörner führen, während das Parenchym kugelige oder eiförmige Körner ausbildet. Die Stärkmehlkörner der jungen Euphorbia verhalten sich chemisch wie die stabförmigen Körner der ausgebildeten Pflanze, sind aber unter dem Polarisationsmikroskop einfach brechend.

kann sich mehrmals wiederholen, auch erscheinen beide Arten derselben nebeneinander. — Es läfst sich nicht leugnen, dafs die von Nägeli gegebene Darstellung die betreffenden Erscheinungen und namentlich auch die Entstehung der halbzusammengesetzten Stärkmehlkörner, welche ich bisher als schlagende Beweise für die Bildung der Schichten von Aufsen her angesehen, hinreichend erklärt, allein es bleibt zu bedenken, dafs man die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Stärkmehlkörner nicht direct verfolgen kann und sich ferner, wie Nägeli selbst zugiebt, in derselben Zelle fortwährend neue Körner bilden, auch die vorhandenen nicht im gleichen Grade fortwachsen. Wir kämpfen hier deshalb mit denselben Schwierigkeiten, welche sich uns bei der Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle entgegenstellen, wenn wir sie nicht, wie bei gewissen Algen, unter dem Mikroskop direct durch alle Lebensphasen verfolgen können, sondern uns selbst die Entwickelungsstufen combiniren müssen. Dafs die äufsere Schicht des Stärkmehlkornes immer, selbst beim jüngsten Korn, am festesten ist und man niemals, nach Nägeli, eine weiche Schicht als äufsere Umgrenzung findet, spricht allerdings sehr gegen die Annahme eines Wachsthums durch Ablagerung neuer Schichten von Aufsen her. Für die Entwickelungsgeschichte der halbzusammengesetzten Körner empfiehlt Nägeli die Untersuchung junger und alter Zwiebelschuppen von Hyacinthus, desgleichen die Kartoffelknolle, das Mark von Cereus und den Wurzelstock von Canna. Wie sich die aus sehr vielen Theilkörnern (20 — 30,000) bestehenden Stärkmehlkörner des Samens von Arenaria u. s. w. bilden, bleibt ihm noch zweifelhaft. Auch die einfachen Stärkmehlkörner zerfallen nach Nägeli durch Alkohol und rauchende Schwefelsäure in zahllose kleine Stücke, desgleichen macht er auf eine Gasentwickelung aufmerksam, welche bei Anwendung von Schwefelsäure von bestimmter Stärke (1 Volumen Säure und $2\frac{1}{8}$ Volumen Wasser), desgleichen durch Aetzkalilösung, aus dem Centrum des Stärkmehlkornes stattfindet. Eine Cystenbildung um das Stärkmehlkorn, welcher, während das letztere von Aufsen her aufgelöst wird, Schwärmsporen entschlüpfen, erinnert an Cienkowsky's Beobachtungen (Bd. II. p. 218) und findet dort ihre Erklärung, ist deshalb keineswegs, wie Nägeli annimmt, ein Beweis für die Generatio spontanea. Auf die Theorie der Wachsthumsursachen, die Hypothese der Molecularconstitution, das Vorkommen der Stärkekörner, die systematische Uebersicht der Formen und des Vorkommens derselben im

Pflanzenreich, kann ich hier nicht weiter eingehen, sie müssen in dem umfangreichen Werke selbst verglichen werden; nur in Betreff der Formen will ich noch bemerken, dafs Nägeli *A.* einfache Körner 1. mit centrischem Kern, 2. mit excentrischem Kern, 3. von undeutlichem Bau, *B.* halbzusammengesetzte Körner, *C.* zusammengesetzte Körner 1. mit verschmolzenen Theilkörnern, 2. mit getrennten Theilkörnern unterscheidet. Die durch Verschmelzen einfacher Körner bei gegenseitiger Berührung entstandenen Formen betrachtet er als unächte zusammengesetzte Körner[1]).

Nach Hartig sind das Stärkmehl, Chlorophyll, Inulin und Klebermehl, gleich der Pflanzenzelle und dem Zellkerne, organisirte hüllhäutige Gebilde, welche aus den Kernstoffkörperchen, d. h. aus kleinen Körnchen im Zellkern, hervorgehen. Das Stärkmehlkorn besteht nach ihm aus einer äufseren granulirten Hüllhaut, aus den Schichtungslamellen eines spiralig gerollten (?) Astathebandes, oder aus kleinen kugeligen Körnchen derselben Substanz und einer den Innenraum bekleidenden zarten Innenhaut. Das Stärkmehlkorn gleicht im Bau einer dickwandigen Zelle. Die Hüllhaut ist nach Hartig die Membran des aus den Kernstoffkörperchen entstandenen Mikrophysalids, in welchem sich das Stärkmehlkorn entwickelt; zwischen ihr und dem letzteren lagert sich bei den Stärkmehlkörnern mit einem Chlorophyllüberzug das Blattgrün ein, Die Hüllhaut wird von salpetersaurem Quecksilberoxyd nicht aufgelöst. Die stab- und knochenförmigen Stärkmehlkörner der tropischen Euphorbiaceen werden durch salpetersaures Quecksilberoxyd ziegelroth gefärbt, sie sind demnach stickstoffhaltig. Die Schichten bestehen aus einem um den Innenraum gewundenen Astathebande, sie vermehren sich von Aufsen nach Innen, bei den Stärkmehlkörnern mit excentrischem Kern sollen die äufseren Schichten Menisken bilden. Hartig stellte Durchschnitte des Kartoffelstärkmehls dar und glaubt bei dem Stärkmehl der Linse Andeutungen zu Porencanälen gefunden zu haben. Die Stärkmehlkörner im Sameneiweifs vieler Ce-

[1]) Wenn man das Stärkmehl der Canna nach Nägeli's Angabe mit Speichel behandelt (in der Ofenröhre bei etwa 40° R.), so zeigten sich nach mehreren Tagen die Körner dahin verändert, dafs die Stärke im Umkreis und aus den weicheren Schichten verschwunden ist, der Kern und die dichteren Schichten halten sich länger und die letzteren erscheinen nunmehr als neben einander liegende Menisken; bisweilen ist auch die eine oder andere der Schichten radienartig durchbrochen. Jodlösung färbt den Theil, aus welchem die Stärke verschwunden, gelb. Nägeli zeigte mir Körner desselben Stärkmehls, welche Form und Schichtung behalten hatten, aus denen aber alle Stärke verschwunden war.

realien (Agrostideae, Avenaceae, Arundineae, Festucaceae, Stipaceae) bestehen aus einer Hüllhaut und zahllosen kleinen Körnchen, welche durch Jod blau gefärbt werden; bei den Olyreen, Paniceen und Sacchарineen finden sich dagegen nur Einzelkörper. Das Stärkmehlkorn des Hafers besteht nach Hartig aus mehreren spindelförmigen Theilkörnern, welche sich weiter in spindelförmige Theile zerspalten lassen. Wo im Stärkmehlkorn ein sichtbarer Kern erscheint, hält Hartig denselben für eine mit Luft erfüllte Höhle; die Angabe, dafs die inneren Schichten weicher und gelatinöser sein sollen, findet er nicht bestätigt. Für die speciellen Angaben über die Formen und das Vorkommen der Stärke u. s. w. mufs ich auf Hartig's Arbeit selbst verweisen, welche, obschon in der Annahme eines Wachsthums von Innen her und einer Vergleichung der Stärkmehlkörner mit der Pflanzenzelle mit Nägeli harmonirend, im übrigen über die Entstehung und den Bau der Körner von letzterem sehr abweichende Ansichten entwickelt [1]).

Für die Bildung des Stärkmehls aus Zucker, welche man bisher nicht kannte, hat mir die Zuckerrübe in letzter Zeit ein Beispiel geliefert. Im Umkreise brauner Flecken nach äufseren Verletzungen und langsamem Vertrocknen der Verwundung, enthalten sämmtliche Parenchymzellen, denen normal das Stärkmehl fehlt, zahlreiche kugelige Stärkmehlkörner von geringer Gröfse und Verdichtung, ohne sichtbaren Kern und Schichtung, welche durch Jodlösung violett oder schön blau werden und sich gegen Säuren und Alkalien ganz wie Stärkmehl verhalten, dagegen auf dem dunkelen Felde des Polarisationsmikroskopes verschwinden. Da die braunen Flecken nur in geringer Ausdehnung vorkommen, so war es leider nicht möglich den Zuckergehalt des Saftes der betreffenden Stellen mit dem der gesunden Partien derselben Rübe vergleichend zu bestimmen. Weil aber die Zuckerrübe, aufser dem Zucker, im Zellsaft keine Kohlenhydrate enthält und die Wandungen der betreffenden Stellen keine Veränderungen zeigen, so können die Stärkmehlkörner hier nur auf Kosten des Zuckers entstanden sein.

Das Stärkmehl, welches man bisher als alleiniges Eigenthum der Pflanze betrachtete, ist in neuester Zeit durch Virchow auch im Gehirn des Menschen aufgefunden worden. Die Corpora amylacea oder Amyloidkörper des menschlichen Gehirns sind nach Nägeli ein-

---

[1]) Hartig, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig 1858. p. 83 bis 107. — Ders., Botanische Zeitung 1855. p. 905. — Ders., Botanische Zeitung 1856. p. 349.

fache, seltener zusammengesetzte Körner von geschichtetem Bau, welche in kaltem und kochendem Alkohol und Aether unlöslich sind, dagegen in kochendem Wasser, in kalter Schwefelsäure und in Aetzkali aufquellen und zuletzt verschwinden; durch wässerige Jodlösung violett, blau bis schwarz gefärbt werden, zum Theil aber auch eine braune Färbung annehmen, weshalb sie Nägeli mit den Körnern bei Chelidonium vergleicht. Derselbe hält auch diese für ein Gemenge von Stärke und Cellulose (Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. VI). Die Gegenwart des Stärkmehls sowie der Cellulose sind demnach fernerhin keine gültige Beweise für die pflanzliche Natur eines Organismus, da sich Stärke im Gehirn des Menschen und Zellstoff bei den Ascidien und Salpen findet (Bd. II. p. 229).

Zu §. 7. p. 60. Hartig hat einen dem Stärkmehl und Inulin verwandten Stoff, den er Klebermehl (Aleuron) nennt, nachgewiesen, welcher in den Samen der meisten Pflanzen, sehr häufig von Oel, seltener von Stärkmehl begleitet, vorkommt und nach ihm der Träger der Stickstoffverbindungen, desgleichen des Schwefels und Phosphors ist. Das Klebermehl ist in Wasser, Säuren und Alkalien leicht löslich; unter Oel gesehen, gleicht es dem Stärkmehlkorn. Es wird durch Jodglycerin nicht blau, sondern gelb gefärbt, nimmt aber durch salpetersaures Quecksilberoxydul eine ziegelrothe Färbung an, während Stärkmehl ungefärbt zerfliefst. Durch Behandlung mit Oel kann man das Klebermehl darstellen und darauf durch Aether reinigen. Die Gröfse der Körner variirt zwischen $\frac{1}{1800}$ — $\frac{1}{600}$''' im Durchmesser. Sehr grofse, einzeln in der Zelle vorkommende Körner nennt Hartig Solitaire; dieselben haben häufig Einschlüsse, welche in der Regel den kleineren Körnern fehlen. Die Körner besitzen eine Hüllhaut, welche Hartig als einen doppelten Ptychodeschlauch betrachtet, dessen Häute an einanderliegen, während der Innenraum mit Aleuronsubstanz ausgefüllt ist, die Einschlüsse liegen in einer Falte der Ptychodehaut; er unterscheidet Weifskörper, Kranzkörper und Krystalloide. Die letzteren, als oftmals schön ausgebildete Krystalle zum sphäroidischen System gehörig, bleiben nicht selten im Wasser zurück, wenn sich die Aleuronsubstanz auflöst (bei Ricinus, Linum, Cannabis, Arbutus). Das Weifskorn verhält sich wie Inulin, es wird durch Jod und Quecksilberoxydul nicht gefärbt; die Kranzkörper und Krystalloide gehen in einander über. Beim Keimen der Samen verflüssigt sich entweder das Klebermehl (bei Vitis, Ricinus), oder es verwandelt sich in Stärkmehl

(im Albumen der Nadelhölzer und im Samenlappen von Tropaeolum). Aus dem durch die Keimung gelösten Aleuron bildet sich nach Hartig eine andere krystallisirbare organische Verbindung, welche er wegen ihrer glänzenden Krystalle Gleis genannt hat. Die oft in vierseitigen Säulen mit dachförmiger Zuschärfung krystallisirende Verbindung ist in Wasser löslich und läfst sich durch Verdunstung wieder heraus krystallisiren; Hartig hat sie auch aus dem Saft keimender Holzgewächse, desgleichen aus der Cambiumschicht der Bäume im Frühjahr dargestellt. Die Lösung dieser Verbindung entwickelt, mit Kali erwärmt, Ammoniak, weshalb Hartig sie zu den Amiden rechnet. Die farblosen Krystalle, welche als Einschlüsse des Klebermehls vorkommen, sind wahrscheinlich von ähnlicher Zusammensetzung. Das Klebermehl der Bertolletia excelsa enthält nach Kubel's Analyse 9,46 %, das der gelben Lupine 9,26 % Stickstoff. Formloser Kleber ist sehr verbreitet. — Der Nachweis krystallisirbarer Proteinverbindungen in der Pflanzenzelle ist jedenfalls sehr interessant, zumal da Radlkofer im Zellkern des Gewebes der Lathraea ähnliche Krystalle eines Proteinstoffes entdeckt hat und ebenfalls krystallisirbare Proteinverbindungen durch Lehmann und Funke im Blute der Thiere als Blutkrystalle (Haematin-Krystalle) aufgefunden sind (Funke's Atlas der physiologischen Chemie. Taf. IX und X) (Radlkofer, Parthenogenesis. Leipzig 1858 in der Vorrede). Das Klebermehl gehört mit dem Stärkmehl, Inulin u. s. w. zu den Reservestoffen, welche zur Ernährung des Keimes aufgespeichert und bei der Keimung zum Nutzen der jungen Pflanze verwerthet werden (Hartig, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes p. 108. — Ders., Bot. Zeitung 1855. p. 881 und 1856. p. 257).

Zu §. 7. p. 60. Das Inulin findet sich nach Hartig niemals im Samen; sogar bei Pflanzen, die es in der Wurzel oder in den Knollen führen, fehlt dasselbe in den Samen. Jodglycerin zeigt die Körner des Inulins am besten, sie werden durch Jod nicht gefärbt und lösen sich in salpetersaurer Quecksilberlösung (Hartig, Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes p. 116)). Die Körner oder Bläschen in den Lebermoosblättern bestehen nach v. Holle aus einer Membran und einem Inhalt, erstere scheint dem Inulin verwandt zu sein, der Inhalt dagegen, theils flüssig, theils fest, erinnert an flüchtige Oele und Harze. Bei einigen Arten sind diese Bläschen zusammengesetzt. v. Holle hält dieselben für ein Secret der Zelle (v. Holle, über die Zellenbläschen der Lebermoose. Heidelberg 1857). Das Inulin ist in Kupferoxyd-

ammoniak löslich (Cramer, Verhalten des Kupferoxyd-Ammoniaks zur Pflanzenzellmembran. 1857).

Zu §. 7. p. 61. Das Dextrin hat seinen Namen durch die Drehung der Polarisationsebene nach rechts erhalten. Das Traganthgummi entsteht nach v. Mohl durch allmälige Umwandelung des Markes und der Markstrahlzellen der dasselbe liefernden Bäume in eine gelatinöse, in Wasser stark aufquellende Masse (Bot. Zeitung 1857. p. 33) er vergleicht dessen Bildung mit der Auflösung der Mutterzellen der Pollenkörner (Bd. I. p. 88) und der Bildung der Intercellularsubstanz aus einer Umwandelung der Mutterzelle bei den Fucaceen (Bd. 1. p. 109). Ich habe dieselbe Art der Entstehung für das Viscin der Mistelbeere schon früher nachgewiesen (Bd. 1. p. 67). Die alten Zweige der Opuntia Ficus indica sondern häufig ein dem Traganth auch äufserlich sehr ähnliches Gummi aus, welches in der Regel noch Stärkmehlkörner und die im Gewebe der Pflanze reichlich vorkommenden Krystalle des pflanzensauren Kalkes einschliefst, hier aber in bestimmten Gummigängen, deren Zellen sich gleichfalls und zwar vom Mittelpunkte des Ganges aus aufzulösen scheinen, gebildet wird.

Zu §. 7. p. 61. Der Rohrzucker und der Traubenzucker lenken den polarisirten Lichtstrahl nach rechts ab, der Fruchtzucker oder Schleimzucker (Glycose) lenkt ihn nach links und ist unkrystallisirbar. Nach Ventzke giebt es auch einen nach rechts ablenkenden unkrystallisirbaren Zucker (Dextrinzucker), als Mittelglied zwischen Dextrin und Traubenzucker. Der Saft des Zuckerrohres, der Zuckerrübe und vieler vegetativen Pflanzentheile enthalten im frischen Zustande Rohrzucker, der aber durch Säurebildung im Safte sehr bald in Traubenzucker übergeht. Der Saft der Zuckerrübe enthält 10 — 17% wasserfreien Rohrzucker. Der Traubenzucker findet sich mit dem Fruchtzucker in den süfsen Früchten, im Honig, ferner für sich im Harn bei Diabetes mellitus, desgleichen im Blute und in der Leber vieler Thiere. Der Fruchtzucker oder Schleimzucker findet sich im flüssigen Theile des Honigs, er bildet sich ferner im Syrup bei der Zuckerfabrication. Der Milchzucker scheint nur dem Thierreich anzugehören, seine Lösung lenkt den polarisirten Lichtstrahl nach rechts (Schlossberger, Lehrbuch der organischen Chemie p. 113). Der Rohrzucker wird, ehe er in weingeistige Gährung übergeht, in Traubenzucker verwandelt; Traubenzucker und Milchzucker färben sich beim Erwärmen mit Kali braun, sie reduciren gleichfalls das Kupferoxyd und werden dadurch vom

Rohrzucker unterschieden. In dem Mutterkorn hat Mitscherlich eine neue Zuckerart, welche die Polarisationsebene noch stärker als Dextrin nach rechts lenkt, gefunden und Mycose genannt (Monatsbericht der Berl. Akademie. 1857. November 2).

Zu §. 7. p. 61. Hofmeister hat nachgewiesen, dafs die Gallerte der schleimgebenden Samen aus den in Wasser sehr stark aufquellenden Verdickungsschichten der Epidermiszellen besteht, und dabei auf sehr interessante Structurverhältnisse der Zellenwand aufmerksam gemacht (Bericht der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1858). Aehnliche Beobachtungen hat Cramer bei dem Samen von Cydonia Plantago Psyllium und Linum gemacht (Cramer, pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich 1855). Nach Schmidt besteht der Pflanzenschleim aus $C^{12} H^{10} O^{10}$. Cramer erhielt ähnliche Resultate. Quittenschleim mit verdünnter Schwefelsäure gekocht giebt nach ihm Zucker, mit verdünnter Salpetersäure dagegen Kleesäure. Die Pflanzenschleime sind nach ihm unlöslich; bei endosmotischen Versuchen dringt keine Spur derselben durch die thierische Membran. — Interessant ist der Nachweis des Ueberganges der Zellmembran in Traganthgummi, in Intercellularsubstanz, in Viscin und Schleim. — Nach Karsten entsteht auch das Wachs und Harz durch Umbildung der Zellmembran (Karsten, über die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummis und Schleimes durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembran. Bot. Zeitung 1857. p. 313). In dem mit Harz vollständig ausgefüllten Kernholze der canarischen Kiefer finde ich die Holzzellen in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht verändert.

Zu §. 7. p. 63. Der Milchsaft von Euphorbia canariensis enthält viel Harz oder Wachs, welches eingetrocknet das Euphorbium der Apotheken liefert, der Kaoutschouk, sonst im Milchsaft sehr verbreitet, scheint dafür zu fehlen. Die Verzweigungen der Milchsaftgefäfse gehen hier bis zur Oberhaut und diese ist bei älteren Zweigen der Pflanze mit einer Wachsschicht bekleidet, welche oftmals 4mal so dick als die Oberhaut selber ist, aber die Spaltöffnungen freiläfst. Diese Wachsablagerung ist geschichtet und giebt unter dem Polarisationsmikroskop sehr schöne Farbenerscheinungen. Die Oberhaut der Zweige von Euphorbia piscatoria und balsamifera ist mit einer dünneren Wachsschicht bekleidet; der Milchsaft dieser beiden Pflanzen bleibt zähe und trocknet nicht wie jener zu einer festen spröden Masse. — Die Zellen von Balanophora sind mit Wachs ausgefüllt; im Parenchymgewebe

von Laurus Camphora findet sich der Campher in ähnlicher Weise ausgeschieden. Alle Zellen des älteren Holzes der Pinus canariensis sind mit Harz erfüllt.

Zu §. 7. p. 64. Nach Arthur Gris (Annales des sciences naturelles Série 4. Tom. II.) entsteht das Chlorophyll als eine grüne, vom Zellkern ausgeschiedene, Gallerte, welcher häufig Schleimströme mit kleinen grünen Kugeln vorangehen. Die Gallertmasse entfernt sich darauf mehr oder weniger vom Zellkern, den sie anfänglich umgiebt, und theilt sich entweder in polyedrische oder sphärische Massen. Die Chlorophyllkörner können nach ihm auch durch Stärkmehlkörner entstehen, welche die gallertartige Chlorophyllmasse überzieht. Die Theilung des Chlorophylls in Partieen erfolgt im Umkreis des Zellkerns; man findet denselben häufig von Chlorophyllkörnern umgeben. Die Chlorophyllkörner sind nach Gris im Allgemeinen solide Kugeln einer eiweifs-fettartigen Substanz aus dem amorphen Chlorophyll gebildet, nur in seltenen Fällen sind es Bläschen von derselben chemischen Zusammensetzung (bei Phajus und Acanthophippium). Bei der Bleichsucht (Chlorose) der Pflanzen, die sowohl partiell als allgemein auftreten kann, ist nach Gris die vollkommene Ausbildung des Chlorophylls behindert, eine farblose Masse umhüllt hier den Zellkern, und diese wird an der lebenden Pflanze durch Betupfen mit verdünnter Eisenlösung innerhalb einiger Tage grün gefärbt, so dafs man durch diese Behandlung beliebig bestimmte Partieen der bleichsüchtigen Blätter grün färben, aber auch, bei Aufnahme der Lösung durch die Wurzel, die Bleichsucht im Allgemeinen beseitigen kann. Läfst man dagegen Pflanzen unter Lichtabschlufs wachsen, so wird die Ausbildung des Chlorophylls behindert und das ebenfalls schon vorhandene Blattgrün allmälig zerstört. — Nach Guillemin wirken die blauen, grünen, gelben, orangenen und rothen Strahlen des Spectrums energischer auf die Bildung des Blattgrüns, als das directe Sonnenlicht, der gelbe Strahl befördert die Chlorophyllbildung am meisten. (Annales des sciences naturelles Série 4. Tom. II.)

Zu §. 7. p. 66. Der Gerbstoff kommt nach Karsten (Monatsbericht der Berliner Akademie 1858) auch im Safte lebender Zellen vor. Er hat denselben im Safte bestimmter Zellenreihen der unreifen Frucht von Musa sapientum, ferner in den Milchsaftgefäfsen vieler Pflanzen, desgleichen im Collenchym zu einer bestimmten Zeit und im Parenchym der Blätter, durch Eisenchloridlösung, welche eine

blauschwarze Färbung hervorruft, nachgewiesen. Das Gewebe der Galläpfel ist mit diesem Stoffe gleichfalls getränkt. Die Gerbsäure ist nach KARSTEN in den Pflanzen an einem durch Alkohol und Säuren gerinnenden Stoff, wahrscheinlich eine Proteinverbindung, gebunden. Sie besteht nach STRECKER aus Gallussäure und Zucker. Nach HARTIG ist Gerbsäure das erste Zersetzungsproduct des Stärkmehls beim Keimungsprocefs der Eichel, desgleichen in der Baumrinde zur Zeit der Auflösung der Reservestoffe. Deshalb ist die Eichenrinde nur im Frühjahr reich an Gerbstoff (HARTIG, Pflanzenkeim p. 102).

Zu §. 10. p. 86. Die Sporenbildung in den Vierlingsfrüchten der Corallineen ist, da immer 4 Sporen durch Abschnürung des Inhaltes einer cylindrischen Zelle in einer Reihe entstehen, für die Beobachtung ganz besonders geeignet. Auch kommen hier beide Fälle, eine Theilung des Inhaltes ohne gleichzeitige Abscheidung einer festen Zellstoffmembran (bei Corallina officinalis) und eine solche mit gleichzeitiger Bildung einer Zellstoffmembran (bei einer Melobesia), vor, worüber ich p. 215—217 des zweiten Bandes nachzulesen bitte. Ueber die Zellenbildung durch Theilung ist ferner erst kürzlich eine gröfsere Arbeit von DIPPEL erschienen (Beiträge zur vegetabilischen Zellenbildung. Leipzig 1858). Derselbe vertheidigt die v. MOHL'sche Primordialschlauchtheorie und widerspricht der durch PRINGSHEIM aufgestellten Ansicht von der Zellentheilung, dagegen tritt er meiner Auffassung vom Wachsthum der Zellenmembran bei und verwirft die Annahme einer Intussusception. »Die neu entstandene Zellstoffhülle ist, nach DIPPEL, weder ein Product der Membran der Mutterzelle, noch eine unmittelbare Umwandlung des Plasma, sondern eine durch die Vermittelung des Primordialschlauches hervorgegangene Ausscheidung aus dem bildungsfähigen Theile des Inhaltes.« Die Zellenbildung wurde bei den niederen Algen, den Pollenkörnern und einigen Haargebilden untersucht. — Beobachtungen über freie Zellenbildung, welche der Verfasser in Aussicht stellt, wären sehr erwünscht, da wir gerade über diese Art der Zellenentstehung am wenigsten wissen.

Zu §. 13. p. 106. Nach UNGER's neuesten Untersuchungen sind die sogenannten Milchsaftgefäfse von Alisma Plantago mit den milchsaftführenden Behältern von Rhus und Mamillaria zu vergleichen, sie haben keine eigene Wandungen, sind von den Gefäfsbündeln unabhängig und fehlen in den Adventivwurzeln, sind aber im Rhizom und in den übrigen Theilen der Pflanze reichlich vorhanden und bilden

ein vielfach verzweigtes unter sich zusammenhängendes System. Der Milchsaft besteht aus gröfseren oder kleineren Oeltropfen und einer ungefärbten Flüssigkeit; eine Bewegung desselben war, selbst bei der unverletzten Pflanze, nicht wahrzunehmen (Unger, über die Milchsaftgänge in Alisma Plantago. Denkschriften der Wiener Akademie 1857). Die Milchsaftgänge der Musaceen sind nach meinen Untersuchungen ähnlich gebaut, auch bei Kleinia nereifolia kommen derartige Gummi- oder Milchsaftgänge vor, deren Verlauf ich nicht weiter verfolgt habe. Die Gummigänge von Opuntia Ficus indica dagegen sind etwas anders gebaut, indem hier im ganzen Umkreis derselben die Bildung neuer Zellen fortdauert. — Die Milchsaftgänge sind demnach anatomisch von den Milchsaftgefäfsen scharf zu unterscheiden.

Zu §. 15. p. 137. Ueber die sogenannte Cuticula der Pollenkörner habe ich meine Ansicht geändert und bitte dafür im §. 77 nachzulesen.

Zu §. 15. p. 141. Die Epidermis des Blattes von Gladiolus segetum zeigt solide kegelförmige Erhebungen, den Stacheln auf dem Pollenkorn der Cucurbitaceen ähnlich, welche eine einfache Längsreihe auf der langgestreckten Oberhautzelle bilden und, wie bei dem genannten Pollenkorn, den Verdickungsschichten angehören (Bd. II. p. 361).

Zu §. 17. p. 161. Wenn man recht zarte Schnitte eines frischen Pflanzengewebes, in welches Fadenpilze eingedrungen, auf dem Objectträger in Wasser bis zum einmaligen Aufwallen erhitzt und nach dem Erkalten mit Carminlösung befeuchtet, so nehmen die Pilzfäden den rothen Farbstoff auf und man sieht jetzt um so deutlicher, wie sie die Wand der Zellen durchbrechen. Der Pilzfaden zeigt hier, wie er sich mit einer Anschwellung an die Wandung legt, welche vorzugsweise Farbstoff aufspeichert. Selbige mufs durch chemische Einwirkung den Theil der Wand, den sie berührt, auflösen, doch ist das Loch immer nur genau so grofs, als der Pilzfaden, welcher durch dasselbe wächst. Ich bewahre ein sehr elegantes Präparat aus dem Gewebe der Zuckerrübe.

Zu §. 19. p. 194. Das Collenchym scheint die Verdunstung durch die Oberhaut wesentlich zu beschränken. Es ist vorzugsweise da entwickelt, wo die Oberhaut nur schwachen Schutz gewährt und nicht cuticularisirt ist, z. B. bei den Cacteen, fehlt dagegen denjenigen Euphorbien, welche schon durch eine dicke Wachsschicht über der Oberhaut hinreichend geschützt sind (Euphorbia canariensis und in

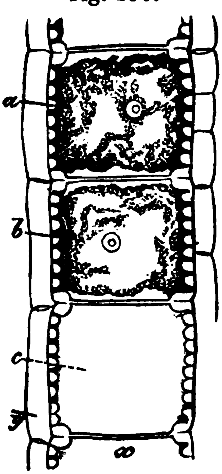
viel geringerem Grade Euphorbia balsamifera und piscatoria). Es scheint als ob die dicke aber nur schwach verdichtete Zellwand des Collenchyms das Wasser sehr fest gebunden enthält.

Zu §. 19. p. 201. Die steinharte Schale der Kapselfrucht von Hakea suaveolens zeigt die zierlichsten Formen des verholzten Parenchyms, welche ich jemals gesehen, ist überdies durch die sehr regelmäfsige radienartige Anordnung verschiedener Zellenformen bemerkenswerth.

Zu §. 19. p. 203. Noch schöner ausgebildete und gröfsere Krystalle finden sich in der innersten Zellenreihe des äufseren Integumentes des halbreifen und reifen Samens der Carica Papaya.

Zu §. 19. p. 210. Die vasa propria des ausgebildeten monocotyledonen Gefäfsbündels lassen häufig (ob immer?) zwei in der Weite sehr verschiedene, nämlich nach der Peripherie des Stammes engere, Zellen unterscheiden (Fig. 166. Bd. II. p. 172., desgl. Taf. V. Fig. 11). Es wäre wohl möglich, dafs der Saftstrom in der einen Partie auf- und in der anderen abwärtsstiege (?).

Fig. 290.



Zu §. 21. p. 218. Für die Entwickelungsgeschichte der Gefäfse ist der Stamm und die Wurzel der Carica Papaya und C. cauliflora ganz besonders geeignet. Die sehr weiten, netzförmig verdickten und dabei getüpfelten Gefäfse dieser Pflanze verhalten sich nämlich, so lange sie Saft führen, als eine Längsreihe von Zellen. Die Querwand, welche jede Zelle scheidet, ist nicht verholzt, allein von einer starken ringförmigen, verholzten Verdickung umfafst (Monatsbericht der Berl. Akademie 1856. p. 532. Taf. I. Fig. 7). Die vollständig ausgebildete Gefäfszelle besitzt noch ihren Zellkern, desgleichen trennt sich die Hautschicht jeder einzelnen Zelle durch Salzlösungen von der Zellenwand (Fig. 290).

Fig. 290. Ein noch saftführendes, netzförmig verdicktes, getüpfeltes Gefäfs von Carica Papaya im Längsschnitt. In den Zellen *a* und *b* dieses Gefäfses hat sich die Hautschicht zusammengezogen, der Zellkern ist sehr deutlich; *c* ist ohne Inhalt gezeichnet, *x* die Scheidewand, welche aus zwei Platten besteht, was oftmals sichtbar wird, *y* die das Gefäfs umgrenzenden Zellen. (Vergröfserung 100 mal.)

Im jüngsten Zustande des Gefäfses liegt der Zellkern immer an der Scheidewand der Zellen, später aber in der Mitte (ob im Centro oder an der Seitenwand?) der Zelle. In den Gefäfsen, welche dem Cambiumringe nahe liegen und noch Säfte führen, findet man alle Stadien der Resorption bis zum vollständigen Verschwinden der Querscheidewand; wenn diese fehlt, ist auch der Saft verschwunden. Wir sehen aus diesem Beispiel, 1. dafs die Gefäfse sich als selbstständige Zellen verdicken, wofür schon der verdickte Ring, welcher die nachherige Oeffnung der von einem runden Loch in der Scheidewand durchbrochenen Gefäfszellen umgiebt, desgleichen die leiterförmigen Scheidewände anderer Gefäfszellen sprechen; 2. dafs sie als Zellenreihen auf diosmotischem Wege der Saftführung dienen und als nachherige Röhren nur Luft führen. — Ich bewahre sehr schöne Präparate der ausgebildeten Gefäfse von Carica und Equisetum hiemale mit vollständig erhaltenen Querwänden. Alle Gefäfse lassen sich durch Maceration mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure oder durch Kochen mit Kali in ihre Elementarzellen zerlegen. Die Gefäfse der Pflanzen gehören deshalb nicht zu den Verschmelzungen der Zellen (Zellencomplexen) wie es Unger annimmt (Unger, Anatomie und Physiologie p. 164); nur bei der Copulation der Spirogyren u. s. w. und bei der Bildung der Milchsaftgefäfse sind bis jetzt wirkliche Verschmelzungen mit Sicherheit nachgewiesen (Man vergl. auch Cohn in den Verhandl. der bot. Section der Schles. Gesellsch. von 1857. p. 43 über die Holzzellen des Weinstocks).

Zu §. 21. p. 227. Das äufserst feste und schwere, dunkelbraun gefärbte Holz von Brosimum guianense hat getüpfelte Gefäfse, welche gröfstentheils durch in denselben entstandene, fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickte und verholzte, von zahlreichen Porencanälen, in der geschichteten Wand durchsetzte Zellen ausgefüllt sind. Wenn man diese Gefäfse durch Maceration nach Schulz isolirt, so liegen die secundären Zellen in der Regel in einer Reihe, wonach man glauben sollte, sie wären als Tochterzellen durch Theilung in den Gefäfszellen entstanden, es kommen aber auch Fälle unregelmäfsiger Lagerung vor. Karsten hat gleichfalls in den älteren Blattstielen der Latania burbonica weite Spiralgefäfse mit dünnwandigen Tochterzellen gefunden, welche in einer Reihe liegen, so dafs gewissermaßen das Spiralband die Tochterzellen umschnürt. — Im älteren Holze der Tectona grandis sind die Gefäfszellen häufig (ob immer?) verkieselt (Nachträge p. 546).

Zu §. 22. p. 228. Caspary hat die Resorption eines centralen Gefäfses im Stengel der Anachărideen beobachtet, aus welchem später ein centraler Gang entsteht. Nach ihm finden sich die Gefäfse nur vorübergehend in den jüngsten Theilen des Stammes dieser Pflanzen und er vermuthet, dafs auch bei Najas, Ceratophyllum und anderen angeblich gefäfslosen Gewächsen unter der Terminalknospe Gefäfse vorkommen möchten (Caspary, die Hydrilleen in Pringsheim's Journal. Bd. I. p. 440). Ich glaube, dafs die Luftgänge im Gefäfsbündel des Stammes und der Wurzel von Equisetum (Bd. I. p. 317) ebenfalls durch Resorption eines Gefäfses entstehen, da ich nur in der jungen Wurzel von Equisetum hiemale ein centrales sehr weites Spiralgefäfs finde, dessen Anfangs sehr dicke Spiralbänder allmälig dünner werden und zuletzt sammt der hier sehr ausgebildeten Querwand der Gefäfszellen verschwinden (Bd. II. p. 169).

Zu §. 22. p. 235. Auch Wigand erklärt sich gegen die von Agardh und Crüger behauptete Zusammensetzung der Zellwand aus Fasern. (Ueber die feinste Structur der vegetabilischen Zellmembran. Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der Naturwissenschaft zu Marburg. 1856.)

Zu §. 22. p. 241. Das Holzparenchym ist, wie ich mich später überzeugt habe (Bd. II. p. 65), viel allgemeiner verbreitet, als ich anfänglich geglaubt, allein nicht überall in gleichem Mafse vertreten. Wo es in sehr geringer Menge erscheint, kann es leicht übersehen werden, wie dies von mir bei Acer, Fraxinus u. s. w. geschehen ist. Durch Cordes ist nun in einer sehr fleifsigen Arbeit über die Anatomie der europäischen Holzarten die allgemeine Verbreitung des Holzparenchyms für die Laubhölzer nachgewiesen (Cordes, Europesche Houtsoorten. Haarlem 1857). Dagegen finde ich bei Boehmeria rubra wirklich kein Holzparenchym, auch sind alle Holzzellen, hier ziemlich kurz, mit grofsen Stärkmehlkörnern erfüllt (der Stamm wurde Mitte April 1856 im Walde von Agua Mercedes auf Tenerife geschnitten). Ferner ist eine Untersuchung von Sanio erschienen (über die im Winter Stärke führenden Zellen des Holzkörpers der dicotyledonen Gewächse. Halle 1858), nach welcher auch die ächten Holzzellen von Berberis vulgaris und Sambucus nigra im Winter Stärke führen, während bei Evonymus latifolius und E. europaeus zweierlei Holzzellen, mit und ohne Spiralverdickung, vorkommen, wovon nur letztere Stärkmehl führen (Berberis soll kein Holzparenchym besitzen).

Bei Vitis vinifera und Punica Granatum sollen ferner die Zellen des Holzparenchyms als Tochterzellen im Innern bestimmter Holzzellen entstanden sein, deren Wand bereits verdickt war. Ich habe in meinem Baume p. 213 schon auf die zarte Beschaffenheit der Querwände des Holzparenchyms beim Weinstock aufmerksam gemacht und Cohn hat durch Isoliren der Stärkmehl führenden Zellen gezeigt, dafs selbige durch horizontale Querwände in kurze Stücke getheilt sind. (Bericht der botanischen Section des schlesischen Vereins vom Jahre 1857. p. 44.) Häufiger dagegen erfolgt nach meinen Untersuchungen die Bildung der Zellen des Holzparenchyms im Innern einer kaum durch's Cambium entstandenen Holzzelle (Bd. I. p. 202), so dafs nach der Maceration mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure die Zellen desselben auseinander fallen. Einer Bildung von Tochterzellen in langgestreckten Zellen der Rinde, welche als Analogie des Holzparenchyms für die Rinde auftritt, habe ich Bd. II. p. 55 als Bastparenchym gedacht; Sanio hat sie ebenfalls bei Vitis, Platanus und Aesculus gesehen. Bei Ulmus, Spartium und Ulex hat nach letzterem das Holzparenchym kein Spiralband. Nun ist es allerdings richtig, dafs ich mich hier geirrt habe, allein nicht, wie Sanio meint, weil meine Längsschnitte zu dick gewesen, sondern weil, namentlich bei Ulmus (U. campestris), zweierlei Gefäfse, weite und enge, vorkommen und ich die engen Gefäfse für Holzparenchym angesprochen habe, mit welchem sie die gröfste Aehnlichkeit besitzen und auch wie dieses in tangentialen Bändern das Holz durchsetzen. Die weiten, einzeln vorkommenden, Gefäfse von Ulmus haben bis $\frac{60}{400}$ Millim. Durchmesser, die engen, gesellig auftretenden, sind dagegen nur $\frac{5-15}{400}$ Millim. weit. Aehnlich verhält es sich mit Spartium und Ulex, denn auch hier erscheinen die engen Gefäfse gesellig in tangentialen Bändern. Dieselben sind offenbar Zwischenformen von der Gefäfszelle zum Holzparenchym, sie erinnern, namentlich bei Ulex und Spartium, an die Gefäfse von Viscum, welche von dem Holzparenchym nur durch das runde Loch in der Querwand zu unterscheiden sind. Neben denselben finden sich nun bei Spartium sehr vereinzelte Zellen von gleicher Gröfse und Gestalt ohne Spiralband, die vielleicht dem wirklichen Holzparenchym entsprechen, bei dem von mir untersuchten, im Sommer 1858 gesammelten, Holze aber kein Stärkmehl enthielten. Cordes hat gleich mir die engen Gefäfse der Ulme als Holzparenchym angesprochen. Dafs endlich Viscum kein Holzparenchym mit deutlichem Spiralband

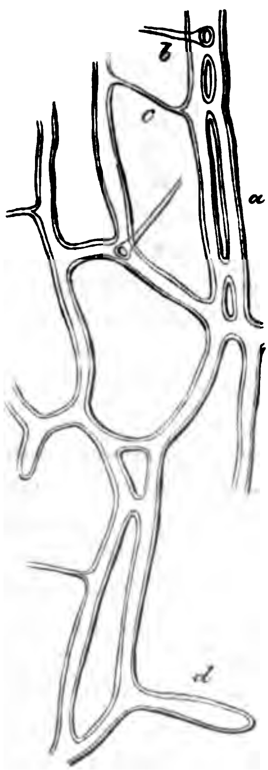
besitzt, ist schon von mir selbst (1856) berichtigt worden (Bd. I. p. 241); bei Loranthus europaeus finden sich dagegen, aufser den hier ungleich weiteren Gefäfsen, noch engere, gesellig vorkommende, Zellen mit einem deutlichen Spiralband, für welche es mir noch zweifelhaft ist, ob sie als Holzparenchym oder als engere Gefäfse, wie bei Ulmus, Spartium und Ulex, aufzufassen sind. — »Die zahlreichen Irrthümer,« deren mich Herr Sanio (bei der vergleichenden Untersuchung der Holzarten in meinem Baume p. 200 — 220) beschuldigt, reduciren sich demnach auf die hier besprochenen Fälle, welche keineswegs zu einer Erhebung gegen mich berechtigen, die überhaupt nicht schicklich, am wenigsten einem jungen Manne zukommt, dessen Gedächtnifs für eigene, viel gröfsere, Fehler schwach zu sein scheint, weshalb ich Herrn Sanio an seine Entdeckung des Kalkspaths in den Baumrinden erinnern möchte (Monatsbericht der Berliner Akademie 1857, Januar. p. 53—56), die sich einige Wochen später in das sehr verbreitete Vorkommen kleesaurer Kalkkrystalle verwandelt hat (Monatsbericht der Berliner Akademie 1857, April). Es ist nicht schwer, auf dem von einem anderen vorgezeichneten Wege weiter zu schreiten, auch keine Heldenthat, dem Vorgänger kleine Irrthümer nachzuweisen; selbstständige originelle Arbeiten dagegen bekunden erst den rechten Forscher; auf diesem Felde aber hat Herr Sanio bis jetzt sich nicht bewegt. — Hartig's Siebröhren gehören zum Basttheil des Gefäfsbündels (Bd. II. p. 53).

Zu §. 23. p. 251. Aufser der selbstständigen Verlängerung einer Bastzelle scheint für die sehr langen Bastfasern noch, wie es schon Meyen angenommen, eine Verschmelzung mehrerer, eine Längsreihe bildender, jugendlicher Bastzellen miteinander zu einer Zelle zu erfolgen. Allein diese Verschmelzung tritt so frühe ein, dafs es sehr schwer ist, sie mit Sicherheit nachzuweisen. Die verholzten Bastzellen der Carica Papaya scheinen sich auf diese Weise aus 3 oder 4 Zellen zu bilden. Die kurzen Bastzellen von Coffea arabica verdanken dagegen sicher nur einer Zelle ihr Entstehen. Viel leichter und sicherer ist die Verschmelzung bei den Milchsaft führenden Bastzellen (Milchsaftgefäfsen) nachzuweisen. (Monatsbericht der Berliner Akademie 1856. p. 575.)

Zu §. 23. p. 253. Die Baumwollenzelle ist eine zu einem langen Haar verlängerte Zelle der Oberhaut der Samenschale des Gossypium. Allein nicht alle Zellen dieser Oberhaut entwickeln sich als

Haare, die Mehrzahl derselben bleibt kurz mit zahlreichen Verdickungsschichten. Unter dieser Oberhaut liegen bei G. religiosum zwei Reihen eines tafelförmigen kleinzelligen Parenchyms, dem eine Reihe pallisadenartig gestellter langer schmaler Zellen folgt, wie SCHLEIDEN selbige für die Epidermis des Samens von Lupinus (Grundzüge. Aufl. II. Bd. I. Fig. 72. p. 260) abgebildet hat, die ich für die äufsere Zellenreihe des inneren Integumentes halte, ihr folgt ein Parenchym aus 4—5 Zellenreihen. Der Baumwollenfaden von G. religiosum ist nur schwach gedreht, aber ziemlich stark verdickt und gelblich gefärbt.

Fig. 291.



Zu §. 23. p. 260. Die Milchsaftgefäfse von Carica Papaya und C. cauliflora bilden wirklich ein zusammenhängendes System, das die ganze Pflanze durchzieht. Für die Cychoraceen hat UNGER ein ähnliches Milchsaftgefäfsnetz schon früher nachgewiesen, dessen Dasein ich für Sonchus bestätigen kann (UNGER, Anatomie und Physiologie p. 160). Die Milchsaftgefäfse von Carica Papaya (Fig. 291) entstehen durch ein Verschmelzen von Zellen zu einem Ganzen; man kann ihre Bildung mit Leichtigkeit an der inneren Seite des Cambiumringes verfolgen. Die Verschmelzung erfolgt schon frühzeitig und zwar sowohl an der Spitze der Zellen als auch seitlich; und nehmen an der Bildung der Milchsaftgefäfse sowohl die langgestreckten, dem Gefäfsbündel angehörigen Zellen, als auch die Zellen des zwischen zwei Bündeln befindlichen jugendlichen Markstrahls Theil. Aufserdem bildet das jugendliche (ob auch das ältere?) Milchsaftgefäfs noch seitliche Auswüchse, welche in die Intercellularräume des umgebenden Paren-

Fig. 291. Partie aus dem Milchsaftgefäfssystem der Frucht von Carica Papaya, isolirt; *a* die parallel mit den übrigen Zellen des Gefäfsbündels verlaufenden Stämme, *d* blinde Endigungen, *b* und *c* sehr zarte Zweige des Systems, welche in den Intercellulargängen des Parenchyms verlaufen. (Vergröfserung 200 mal.)

chyms eindringen und wenn zwei solcher Verlängerungen in einem Intercellulargange auf einander treffen, mit einander verschmelzen. Die Milchsaftgefäfse der Carica Papaya, welche im Holztheil des Gefäfsbündels, dem übrigens die eigentlichen verholzten Holzzellen fehlen, entstanden sind, verbreiten sich, das Gefäfsbündel überall begleitend, durch alle Theile der Pflanze (nur in der Samenknospe habe ich sie nicht gefunden), und bilden durch zahlreiche auf doppelte Weise, durch Verschmelzung von Zellen (die dickeren seitlichen Verbindungen) und durch Verschmelzung von aus sich gebildeten Seitenzweigen (die zarteren seitlichen Verbindungen zwischen je zwei benachbarten Gefäfsbündeln) entstandene Anastomosen, ein unter sich vielfach zusammenhängendes System. Der Milchsaft der Carica enthält keinen Kaoutschouk, er erstarrt an der Luft zu einer opalisirenden Gallerte (Monatsbericht der Berl. Akademie 1856. p. 516). Trécul, welcher, während seines Aufenthaltes in den Tropen, gleichfalls die Carica Papaya untersuchte, aber, wie es scheint, weder die Entwickelungsgeschichte der eigentlichen Gefäfse, noch der Milchsaftgefäfse verfolgt hat, glaubt, weil sich die letzteren oftmals dicht an die ersteren legen, überhaupt die Gefäfsbündel begleiten, ein doppeltes Gefäfsbündelsystem, wie im Thierreiche, entdeckt zu haben. Die eigentlichen Gefäfse gehören nach ihm dem arteriellen, die Milchsaftgefäfse dagegen dem venösen Systeme an (Annal. des sciences 1857. p. 289). Allein jede genauere Untersuchung zeigt schon für Carica das Unhaltbare dieser Theorie; denn 1. haben die Gefäfse, solange selbige Säfte führen, Querscheidewände, der Saftaustausch erfolgt deshalb in ihnen durch Diffusion, sie haben überdies ihren Zellkern und ihre Hautschicht und wirken als eine Längsreihe von Zellen. In den Milchsaftgefäfsen, die aus mit einander verschmolzenen Zellen bestehen, habe ich dagegen weder Scheidewände noch Zellkerne wahrgenommen, auch ist mir eine directe Berührung der Gefäfse und der Milchsaftgefäfse zweifelhaft geblieben; dieselbe würde überdies gar nichts für Trécul's Theorie beweisen. 2. Führen die älteren Gefäfse, und letztere sind die Mehrzahl, sämmtlich Luft und keine Flüssigkeit, die Milchsaftgefäfse aber sind durch alle Theile der Pflanze mit Saft erfüllt. Der Zellensaft der jugendlichen Gefäfse hat endlich gar keine Aehnlichkeit mit dem Milchsaft. — Ferner gebe ich zu bedenken; dafs die Milchsaftgefäfse der Euphorbiaceen (Euphorbia canariensis, balsamifera, piscatoria und mellifera) zwar aus langen verzweigten Zellen bestehen, aber 1. kein zusammen-

hängendes System von Milchsaftgefäfsen bilden, auch 2. nicht im Holzring, sondern nur in der Rinde und im Marke vorkommen und nur gar selten einen Zweig in die Markstrahlen schicken, also gar nicht mit den Gefäfsen in Berührung kommen. Nun hat aber Euphorbia canariensis bekanntlich keine ausgebildete Blätter und nur zu einer gewissen Zeit Blüthen, also aufser dem Stamm und der Wurzel keine Organe, wo die Vereinigung der betreffenden Gefäfssysteme stattfinden könnte. — Ich gestehe gern, dafs ich die Bedeutung der Milchsaftgefäfse für den Haushalt der Pflanze nicht kenne, allein für ein venöses Circulationssystem kann ich sie nimmermehr halten, auch ist in ihnen eine der thierischen Blutbewegung vergleichbare Circulation, aufser von C. H. Schulz, noch von keinem Menschen gesehen worden. — Bei Euphorbia canariensis und balsamifera entstehen die Milchsaftgefäfse gleichfalls durch Verschmelzung langgestreckter Zellen des Gefäfsbündels, hier aber an der Aufsenseite des Cambium. Die Verschmelzung erfolgt in der frühesten Zeit, und erst, wenn sie erfolgt ist, bilden sich die zahlreichen Verdickungsschichten des Milchsaftgefäfses, die wenig verdichtet und sehr elastisch die grofse Spannung bewirken, durch welche der weifse, dickflüssige Milchsaft bei einer geringen Verwundung der Pflanze in Menge hervorspritzt. Die Milchsaftgefäfse dieser und anderer Euphorbiaceen und des Gomphocarpus fructicosus liegen im Mark und in der Rinde, aber niemals im Holzring. Der Milchsaft der Euphorbia enthält ein Harz, das Euphorbium, aber keinen Kaoutschouk. Die Milchsaftgefäfse der Ficus-Arten, welche vielfach verzweigt sind, aber kein zusammenhängendes Gefäfssystem bilden, enthalten dagegen viel Kaoutschouk. — Ich mufs die Milchsaftgefäfse nach wie vor für eine Modification der Bastzellen halten; sie gehören wie diese zum Gefäfsbündel. — Die sogenannten Milchsaftgefäfse von Alisma sind nach Unger's neuesten Untersuchungen Milchsaftgänge ohne eigene Wandung (s. p. 561).

Zu §. 23. p. 261. In der Rinde der Cinchona lancifolia hat Karsten Bastzellen mit Spaltensporen, wie bei Caryota urens (Bd. I. p. 236), nachgewiesen, deren Auftreten mit dem Korkgewebe im Zusammenhang steht (Karsten, die Chinarinden Neu-Granadas 1858).

Zu §. 23. p. 263. Während Euphorbia canariensis, piscatoria und mellifera sowie alle übrigen Euphorbiaceen mehr oder weniger sehr giftige Milchsäfte führen, ist der Milchsaft der Euphorbia balsamifera, welcher auf den Canaren häufig neben der E. piscatoria oder canariensis wächst, durchaus unschädlich; er wird dort zum Verkleben

des Euters der Ziegen gebraucht, wenn selbige mit ihren Jungen auf den Bergen weiden.

Zu §. 24. p. 274. Auch die Oberhaut der Blätter von Petraea und Moquilea bleibt beim Verbrennen in der Platinschale als zierliches Kieselskelett zurück (Nachträge p. 546). Die Oberhaut von Euphorbia canariensis ist mit einer sehr dicken Wachsschicht, welche die Spaltöffnungen freiläfst, bedeckt. Wenn man einen frischen grünen Zweig über der Spirituslampe erwärmt, so dafs die Wachsschicht schmilzt und die Spaltöffnungen verschliefst, so verschwindet schon nach 24 Stunden die grüne Farbe des Zweiges, er stirbt ab und vertrocknet. Auf Tenerife tödtet man die Pflanze durch ein helles Flammenfeuer, das man um dieselbe anschürt; nach 6—8 Wochen ist selbst das gröfste Exemplar ausgetrocknet und wird darauf als Brennmaterial benutzt.

Zu §. 24. p. 279. Die Schliefszellen der Spaltöffnungen erweitern, wie v. Mohl durch directe Versuche bewiesen, durch ihre Turgescenz die zwischen ihnen gelegene Spaltöffnung und verengen dieselbe durch Collabiren. Wasser bewirkt ein Oeffnen, Zuckerwasser dagegen ein Schliefsen der Spaltöffnung; wenn aber die umgebenden Epidermiszellen das Wasser mit gröfserer Kraft als die Porenzellen der Spaltöffnung einsaugen, so wird die letztere durch den auf sie einwirkenden Druck geschlossen. v. Mohl glaubt, dafs im natürlichen Zustande der Pflanze Epidermis- und Schliefszellen sich das Gleichgewicht halten. Licht und Wärme scheinen sowohl an der Luft als auch im Wasser ein Oeffnen der Spaltöffnungen zu bewirken, was v. Mohl durch die chemische Thätigkeit der Schliefszellen, deren Inhalt von dem der Oberhautzellen verschieden ist, zu erklären sucht (Botanische Zeitung 1856. p. 697).

Zu §. 26. p. 284. Der Stamm von Bombax Ceyba ist mit aus breiter Basis kegelförmig sich verjüngenden, sehr spitzen und holzigen, mehr als zolllangen, Stacheln wie mit einem Panzerhemde bekleidet. Letztere zeigen durchschnitten gebogene Schichten, welche wahrscheinlich ebenso viele Wachsthumsperioden bedeuten. Die Stacheln entstehen schon an dem jungen Zweige, sie wachsen an der Basis fort und trennen sich vollkommen glatt von der Rinde. Die Stacheln der Opuntia Ficus indica, welche einzeln und kleiner in ganzen Bündeln neben mehrzelligen Haaren in der Achsel der Blätter auftreten, bestehen aus einer Unzahl langgestreckter verholzter Zellen, welche

sich an der Oberfläche, und zwar von der Spitze zur Basis, dachziegelförmig decken und dadurch ebenso viele Widerhaken bilden, die das Angreifen der Frucht, an welcher diese Stacheln vorzugsweise reichlich vertreten sind, so gefährlich machen, da zahllose Stacheln sich in die Haut eindrücken und schwierig aus derselben zu entfernen sind. Die Stacheln der Opuntia wachsen von Grunde aus und lösen sich deshalb sehr leicht von der Pflanze.

Zu §. 27. p. 290. Das Auftreten eines carminrothen Farbstoffes auf der Schnittfläche der im Wasser liegenden Mamillaria erinnert an die Bildung des Drachenblutes bei Dracaena Draco (Bd. II. p. 511) und andererseits an die Bildung des rothen Farbestoffes der Cochenille, indem sich das Insect vom farblosen Safte der Cacteen nährt, welcher vielleicht im Körper desselben eine ähnliche Umwandlung erleidet (?).

Fig. 292.



Zu §. 27. p. 293. Das Periderma der Kiefer besteht aus sternförmigen Zellen, welche mit ihren Vorsprüngen in die Vertiefungen der Nachbarzellen eingreifen (Fig. 292). Aehnlich verhält sich das Periderma der Lerche. Die Zellen enthalten bei beiden häufig schön ausgebildete Krystalle.

Zu §. 28. p. 305. Man sehe für Rafflesia die Fig. 160. p. 157 des zweiten Bandes.

Zu §. 29. p. 307. H. v. Mohl macht in der botan. Zeitung No. 27. 1858 einige Einwendungen gegen 3 von mir aufgestellte Sätze:

1. Sollen sich nach ihm innerhalb der Pflanze selbstständig neue Gefäfsbündel bilden, wofür die Entstehung der Nebenwurzeln bei den Monocotyledonen als Beispiel aufgeführt wird. Allein der von mir aufgestellte Satz sagt nur im Allgemeinen: »Die Gefäfsbündel entspringen im Keime unterhalb der Stammknospe, sie können sich fernerhin nur durch Zweigbildung vermehren« u. s. w. Bei der dicotyledonen Keimpflanze verlängern sich die Gefäfsbündel bekanntlich direct nach abwärts in die Wurzel; bei dem monocotyledonen Embryo entstehen dagegen vom Keimlager aus Nebenwurzeln, deren Gefäfsbündel bald darauf mit den Gefäfsbündeln des Stammes in Verbindung treten. Im Uebrigen ist aber die Bildung der Nebenwurzeln bei den Monocotyledonen von der Bildung der Adventivwurzeln bei

Fig. 292. Zellen aus dem Lederkork der Kiefer. (200mal vergröfsert.)

den Dicotyledonen nicht verschieden (Bd. II. p. 141), ihr Entstehen hängt überall (auch bei den Palmen) mit der Gegenwart eines cambialen Gewebes zusammen, aus welchem sich die erste Anlage der neuen Wurzel als kleiner Zellenkegel bildet; die ersten Gefäfse entstehen dann, wie bei den Dicotyledonen, in der unmittelbaren Nähe älterer Gefäfse[1]. Sagt doch auch Karsten[2]: »Alle Wurzelfasern (der Palmen) nehmen von dem Holzcylinder ihren Anfang.« Bei Pandanus und Dracaena ist es nicht anders, denn auch hier entstehen die Seitenwurzeln am Cambiumring der älteren Wurzel, welche sich bekanntlich, namentlich bei Pandanus, lange verdickt. Die ersten Gefäfse dieser Seitenwurzeln aber bilden sich auch hier aus dem cambialen Gewebe in der unmittelbaren Nähe der Gefäfse der älteren Wurzel, sie setzen sich dann aber, wie es Karsten und namentlich v. Mohl beschreiben, durch Umbildung des parenchymatischen Gewebes der älteren Wurzeln in's Innere derselben fort, indem sie, sich vielfach verzweigend, die Gefäfse derselben umstricken und sich, wie es scheint, hier und da an dieselben legen. Die Wurzel von Pandanus hat ganz entschieden eine sich fortentwickelnde Cambiumschicht, welche nach v. Mohl dem Stamm dieser Pflanze fehlen soll, aber als scharfe Grenze zwischen dem Holzring (man gestatte mir diesen Ausdruck) und der Rinde dennoch vorhanden ist und sich namentlich bei schwacher Vergröfserung durch ein aus 3—4 Zellenreihen bestehendes concentrisches Band bemerkbar macht, dessen Zellen freilich der Form und Verdickung nach nicht wesentlich von dem Parenchym der Rinde abweichen, im Fruchtstiel und in der Wurzel aber sich auch gestaltlich schärfer markiren und sich für alle diese Theile physiologisch als Verdickungsring bewähren. Das Dickenwachsthum des Stammes und der Wurzel von Pandanus odoratissimus ist überhaupt von der Verdickungsweise bei Dracaena nicht wesentlich verschieden, denn beide verdicken sich durch fortdauernde Zellenvermehrung in einer unter der Rinde gelegenen concentrischen Gewebeschicht[3]. Auf dieselbe Weise verdickt sich aber überhaupt der Stamm der Monocotyledonen, und kenne ich, soweit meine Untersuchungen reichen, keine Ausnahme; es frägt sich hier nur: 1. wie lange die Verdickung fortdauert und 2. ob die Rinde

---

[1]) Meine Beiträge zur Anatomie Taf. IX. Fig. 19 oder Flora 1853. Taf. IV. Fig. 19, wo die Bildung einer Nebenwurzel von Cycas circinalis dargestellt ist.

[2]) Die Vegetationsorgane der Palmen p. 157, dazu Taf. V. Fig. 2.

[3]) Es giebt in Funchal mehr als 30 Fufs hohe Pandanusbäume von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs Stammdurchmesser.

breit oder sehr schmal ist, wonach sich die Lage des Verdickungsringes richtet. Bei Musa sapientum sieht man die Grenze zwischen Holzring und Rinde schon mit bloſsen Augen und bei Ruscus ist sie noch schärfer ausgeprägt, bei Canna dagegen, wo die Rinde nur aus 2—3 Zellenreihen besteht, ist auch die Grenze derselben unter dem Mikroskop kaum wahrzunehmen. — Will man nun die Gefäſsbündel, welche in den sich neu bildenden Adventivwurzeln der Pflanzen entstehen, weil ihre ersten Gefäſse nicht directe Fortsetzungen der Gefäſse des Stammes oder der älteren Wurzeln sind, sondern aus kurzen Zellen gebildet, seitlich solche berühren, wie ich dies schon in der Flora von 1853 beschrieben und abgebildet habe, nicht als Zweige des alten Gefäſsbündels gelten lassen, so habe ich nichts dagegen einzuwenden; dagegen wird man die Abhängigkeit ihrer Bildung vom alten Gefäſsbündel nicht in Abrede stellen können. Wie die Adventivwurzel verhält sich aber auch die Adventivknospe mit ihren Gefäſsbündeln. Bei den Seitenwurzeln der Wurzel von Equisetum hiemale zeigt sich der Zusammenhang des Gefäſsbündels der ersteren mit dem Gefäſsbündel der letzteren erst recht deutlich, indem hier sogar das groſse centrale Spiralgefäſs der Hauptwurzel mit dem entsprechenden Gefäſs der Seitenwurzel in Berührung steht. Und nicht minder instructiv ist die Bildung der Seitenwurzeln einer Hauptwurzel von Canna, wo das Cambium der neuen Wurzel mit dem Cambium der alten und die Gefäſse der neuen Wurzel mit den Gefäſsen der alten in unmittelbarem Zusammenhang stehen. — Dagegen macht v. Mohl auf die sehr interessante Bildungsgeschichte von Nebenknospen in den äuſseren Partieen der Rinde fern vom Cambiumringe des Stammes bei Begonia phyllomaniaca aufmerksam, welche für die Entwickelung der Nebenknospen alle Beachtung verdient, indem mir zum wenigsten nur die Entstehung von Knospen in der unmittelbaren Nähe eines Gefäſsbündels bekannt war. Bei Begonia Möhringii, und wahrscheinlich noch bei anderen Begonia-Arten, kehrt nun dieselbe Erscheinung wieder. Es bildet sich hier unmittelbar unter der Oberhaut des Stammes zuerst eine Anhäufung kleiner cambialer Zellen, welche darauf als kleiner Kegel hervortritt, unter ihrem Vegetationskegel in der Regel zuerst ein kleines häutiges Blatt, gewissermaſsen eine Knospenschuppe bildet, und darauf erst die der Begonia eigenthümlichen Blätter erzeugt. Die Achse dieser Adventivknospen zeigt alsdann, wie es v. Mohl beschrieben, luftführende Gefäſse, welche entschieden neuen,

durchaus selbstständig entstandenen, Gefäfsbündeln angehören und wenigstens um diese Zeit noch mit den Gefäfsbündeln des Stammes in keinem Zusammenhang stehen, und von denen ich nicht weifs, ob sie jemals mit den letzteren in Verbindung treten. Geschieht dies aber, wie ich vermuthe, niemals und verhalten sich genannte Knospen als Brutknospen, die sich später von der Mutterpflanze trennen, so sind sie zwar als unabhängig vom Gefäfsbündel entstandene Knospen sehr interessant, dagegen kann eine selbstständige Bildung neuer Gefäfsbündel in ihrem Innern nicht mehr befremden. Die Gefäfsbündel erhalten überhaupt nur durch die Weise, wie sie die Säfte führen, für die Pflanze Bedeutung, weshalb die Bildung neuer Knospen aufserhalb des Bereiches derselben ungewöhnlich erscheint. Unter der Oberhaut der Begonia Möhringii liegt aber ein langgestrecktes dünnwandiges Gewebe, das wahrscheinlich dem Saftstrom in ähnlicher Weise wie ein bestimmter Theil des Gefäfsbündels dient und so die selbstständige Bildung jener Knospen veranlafst. Bei anderen Begonia-Arten dagegen, welche Brutknospen auf dem Blatte bilden, treten dieselben, so viel ich beobachtet, nur über dem Gefäfsbündel auf. — Auch nach Unger bilden alle secundären Achsen ihr eigenes Gefäfsbündelsystem, welches nach ihm in der Knospe, unabhängig vom Gefäfsbündel der primären Achse entsteht und sich erst später mit dem Gefäfsbündelsystem der Mutterachse verbindet (Unger, Anatomie und Physiologie p. 224). — Die Abhängigkeit der Achselknospe vom Gefäfsbündelsystem des Stammes ist dagegen durch Hartig aufser Zweifel gestellt (Botan. Zeitung 1854. No. 1.).

2. Ist v. Mohl nicht der Ansicht, dafs nur diejenigen Gefäfsbündel, welche, wie bei den Dicotyledonen, mit der allgemeinen Cambiumschicht des Stammes zusammenfallen, sich in der Richtung des Radius verdicken können. Bei Cucumis, Cucurbita und Basella fehlt nach ihm der Verdickungsring und die Gefäfsbündel wachsen dennoch in dicotyledoner Weise. Ich habe selber angegeben, dafs es Fälle giebt, wo weder Gestalt noch Inhalt die Zellen des Cambiumringes von den Zellen des Markes und der Rinde scharf unterscheiden lassen (Bd. I. p. 339), ich weifs aber nicht, ob man deshalb die absolute Abwesenheit eines Verdickungsringes annehmen mufs, da sich ein solcher Stamm dennoch im ganzen Umkreis verdickt. Bei krautartigen Pflanzen sind überhaupt die Gewebeschichten oftmals weniger scharf geschieden. Bei Cucurbita ist übrigens, zumal in denjenigen Stengeln,

welche noch im Dickenwachsthum begriffen sind, zwischen den Gefäfsbündeln, und zwar vom Cambium des einen Gefäfsbündels zum Cambium des anderen, ein schmales Band bemerkbar, in welchem, wie beim Verdickungsring von Dracaena, tangentiale Scheidewände auftreten. Ich habe in dem Zusammenfallen des Cambiums der dicotyledonen Gefäfsbündel mit der allgemeinen Cambiumschicht im Stamm und in der Wurzel die Ursache der ihnen eigenthümlichen Fortbildungsweise zu finden geglaubt (Bd. I. p. 308); kann man eine bessere und einfachere Erklärung dafür geben, so ziehe ich gern die meinige zurück.

Dafs der Knoten der Gräser u. s. w. ein cambiales Gewebe besitzt, in welchem die Gefäfsbündel gewissermafsen jung bleiben und sich vielfach verzweigen, habe ich bereits (Bd. I. p. 331) angegeben. Nach Mohl sollen nun im Gewebe des Knotens neue Gefäfsbündel entstehen, welche sich an die im Cambiumantel der Knospe gebildeten Gefäfsbündel anschliefsen (?).

3. Sollen auch nach v. Mohl im Cambiumringe der Dicotyledonen, unabhängig von den schon vorhandenen, neue Gefäfsbündel entstehen können (Impatiens), während ich, nicht gestützt auf Urtica allein, sondern auf eine grofse Anzahl dicotyledoner Pflanzen der verschiedensten Familien, nur eine Vermehrung der Gefäfsbündel im Cambiumringe durch seitliche Theilung (Spaltung) der vorhandenen Bündel annehmen kann. Das schlagendste Beispiel hierfür liefert Cissus verrucosa (Bd. I. Fig. 74. p. 340); aber auch Tilia (Fig. 72. p. 338), Adansonia, Bombax, Carica, überhaupt alle Pflanzen, bei welchen man die primären Gefäfsbündel von der Markscheide bis zur Grenze der primären Rinde verfolgen kann, zeigen entschieden, dafs hier keine neugebildete Gefäfsbündel zwischen geschoben sind, sondern dafs die Vermehrung derselben durch Spaltung nach der Weise der Cissus verrucosa stattgefunden hat. Bei den Nadelhölzern und Laubhölzern aber, überhaupt bei allen von mir untersuchten dicotyledonen Gewächsen ohne Ausnahme, zeigt sich auf tangentialen Längsschnitten durch das Cambium immer dieselbe maschenförmige Anordnung, welche wir im Holz und in der secundären Rinde wiederfinden und durch welche die Theilung und Wiedervereinigung der Gefäfsbündel zu Stande kommt. Die langgestreckten Cambiumzellen, welche dieses Netzwerk bilden, werden zu Bestandtheilen der Gefäfsbündel, die kurzen von ihnen umschlossenen Zellen dagegen entsprechen den Markstrahlen. Bei Dracaena ist es nicht anders (Bd. I. Fig. 69.

p. 330). Der Stamm von Kleinia nereifolia zeigt nun durch aufeinander folgende tangentiale Längsschnitte, von der Markscheide bis über den Cambiumring hinaus genommen, dafs die Anfänge der Gefäfsbündel in der Markscheide mehr parallel verlaufen und, lange Maschen bildend, sich seltener aneinander legen, dafs aber später durch öfter wiederholte Theilung und Wiedervereinigung die Maschen immer kürzer werden; aber nirgend sieht man auf dem Tangentialschnitt zwischengeschobene unabhängige Bündel. Dasselbe zeigt auch ein Gefäfsbündelskelett des Zweiges der Opuntia Ficus indica, welches überhaupt für die Theilung der Gefäfsbündel und die Bildung der Markstrahlen des dicotyledonen Stammes sehr instructiv ist, sich aber ohne Abbildung kaum beschreiben läfst. Den einfachsten Fall der Gefäfsbündeltheilung liefert Arceuthobium (Bd. I. Fig. 71. p. 336). Sogar bei der Runkelrübe mit zahlreichen Gefäfsbündelkreisen kann man sich von dem Zusammenhang der Gefäfsbündel unter einander und von der Vermehrung derselben durch Theilung überzeugen. — Nur eine stätig aufeinander folgende Reihe von Tangentenschnitten kann, verbunden mit zahlreichen Radialschnitten, hier zum Aufschlufs führen. Querschnitte allein können dagegen leicht zum Irrthum verleiten (Bd. I. p. 311).

Zu §. 29. p. 312. Unger giebt sehr instructive Beispiele mit Abbildungen für die verschiedenen Formen der Gefäfsbündelsysteme im Stamm der Pflanzen (Unger, Anatomie u. Physiologie p. 227—236). Radlkofer hat über den Stamm der Menispermeen geschrieben (Flora 1858).

Zu §. 31. p. 325. Für den Gefäfsbündelverlauf der Monocotyledonen liefert Dracaena Draco das beste mir bekannte Beispiel. Ein junger Ast des Drachenbaumes von Orotava, den ich mitgebracht, ist ohne Maceration, allein durch langsames Austrocknen im Innern so vollständig und rein ausgefault, dafs derselbe der Länge nach durchschnitten, ein sehr instructives Präparat darstellt. Die Gefäfsbündel gehen hier aus dem ziemlich festen Holzring (s. Fig. 69 y. Bd. I. p. 330 u. Bd. II. p. 44), aufwärts steigend häufig bis ins Centrum des Stammes, biegen darauf mehr oder weniger plötzlich ab und treten wieder in den Holzring und durch denselben zum Blatte hinüber. Im Centrum des Stammes aber verläuft ein System kleiner zierlicher, zahlreiche Anastomosen bildender, Bündel, welche mit den bis zum Centrum vordringenden Gefäfsbündeln verbunden sind und an ähnliche kleine Bündel im Innern des Palmenstammes und des Pandanus erinnern.

Unter dem Vegetationskegel erscheinen die grösseren seitlichen Gefässbündel gabelförmig oder mehrfach getheilt; man kann sie von hier nach abwärts verfolgend, mit Sicherheit als innere Zweige unmittelbar am Cambiumring liegender Gefässbündel erkennen. Die Gefässbündel also, welche am Cambiumring liegen, bilden durch weitere Verzweigung nach Aufsen den festen Holzring, während sie unter dem Vegetationskegel durch Zweigbildung nach Innen die im weiten Mark der Dracaena gelegenen Bündel erzeugen, welche erst später unter dem Vegetationskegel in das Blatt hinübertreten. Das centrale Gefässbündelsystem aber entsteht durch vielfache Zertheilung der innersten sehr starken Gefässbündel, die ebenfalls an der Peripherie entsprungen sind; die Spitze eines solchen Bündels zerspaltet sich oftmals in mehr als 30 zierliche Theile. Dracaena liefert somit das schlagendste Beispiel für die Vermehrung der Gefässbündel durch Theilung; sie beweist, dafs wenigstens bei den Monocotyledonen die jungen Blätter keine neue Gefässbündel in den Stamm hinabschicken (Bd. II. p. 42), dafs vielmehr die schon vorhandenen Gefässbündel sich unter dem Vegetationskegel der Knospe theilen und ihre Aeste in das junge Blatt hinüber senden. In einer hoffentlich später erscheinenden, ausführlichen Arbeit über den Drachenbaum werde ich diesen Gegenstand näher besprechen.

Zu §. 32. p. 335. Auch nach Unger erfolgt das Dickenwachsthum der höheren Pflanzen (Dicotyledonen und Monocotyledonen) durch eine Cambiumschicht, welche an der inneren Grenze der Rinde liegt (Unger, Anatomie und Physiologie p. 437). Auch theilt derselbe meine Ansicht vom Wachsthum der dicotyledonen Gefässbündel durch das Zusammenfallen ihres Cambium mit der Cambiumschicht zwischen Holz und Rinde (Unger, Anatomie p. 241). Karsten hat zuerst die wahre Verdickungsweise des monocotyledonen Stammes erkannt (Bd. II. p. 33) und die bisherigen Irrthümer berichtigt (Karsten, die Vegetationsorgane der Palmen. 1847).

Zu §. 32. p. 337. Joh. Hanstein hat durch zahlreiche, genaue Untersuchungen des Gefäfsbündelverlaufes dicotyledoner Pflanzen sowohl den Zusammenhang der Blattstellung mit der Anordnung der Gefäfsbündel im Stamme, als auch die Weise, wie sich aus den ersten Gefäfsbündeln der Holzring bildet, näher bezeichnet (J. Hanstein, über den Zusammenhang der Blattstellung mit dem Bau des dicotyledonen Holzringes, in Pringsheim's Journal. Bd. I. p. 233—283). Nach ihm beginnt der Gefässstrang, welcher in einen gegebenen Blattstiel austritt

(bei Arabis albida), etwa im 6ten bis 9ten Interfolium mit einzelnen feinen Spiralgefäfsen und Holzzellen, die an der inneren Fläche des Holzringes stehen und deren Zahl allmälig zunimmt, so dafs sie eine immer stärker vorspringende axile Leiste bilden, bis sie endlich als halb cylindrischer Strang in das Blatt abgehen. Auch bei Dracaena entspringen nach meinen Untersuchungen die zu den Blättern abgehenden Gefäfsbündelzweige an der Innenseite des Holzringes (Nachträge p. 578). Jeder Gefäfsstrang von Arabis besteht nach Hanstein aus zwei Lagen; einer inneren, die ganz aus dem Stengel in das Blatt übergeht, nur Spiralgefäfse und feine Holzzellen enthält und die er Erstlingsbündel (Primordialstrang) nennt und einer äufseren, die im Stamme verbleibt, mit getüpfelten Gefäfsen und Holzzellen versehen ist, und durch das Cambium nachwachsend, später ein Segment des Holzringes bildet und die er Folgeschichten (Succedanschichten) nennt, wogegen er beide Lagen des Bündels zusammen als Blattspur bezeichnet. Der Holzring verdankt nach ihm sein Entstehen einer ziemlich bestimmten Anzahl einzelner, für eben so viele Blätter bestimmter Erstlingsbündel, die gesondert in gesetzmäfsiger Folge aus eben so vielen, durch den gemeinsamen Cambiumring verbundenen Cambialsträngen entstanden sind. Die Erstlingsbündel entwickeln sich gesondert in eigenen Cambiumstreifen; unten dünn, nach oben dicker werdend, verschmelzen sie erst in ihren Folgeschichten, deren Entwickelung von unten nach oben fortschreitet. Da nun diese Gefäfsbündel mit dem Cambiumringe aus dem Urparenchym unter dem Vegetationskegel entstehen, der Cambiumring aber sich von unten nach oben durch den Stamm fortsetzt und sich mit ihm in gleicher Weise der Holzring verlängert, so vermuthe ich, dafs die Erstlingsbündel wie bei Dracaena, nach Innen abgehende Zweige des Holzringes, aber keine selbstständige Bündel sind (Nachträge p. 578). Auch bei den Nadelhölzern löst sich nach Hanstein der Holzring in eine Zahl von Gefäfsbündeln auf, die sich als Blattspuren betrachten lassen, was durch die Keimungsgeschichte bestätigt wird, wo immer so viele Gefäfsbündel im Stamme entstehen, als Samenlappen vorhanden sind (Bd. I. p. 337). Hanstein resumirt folgendermafsen: 1. Der Holzkreis entsteht aus einer Anzahl von Erstlingsbündeln, die sich zugleich mit dem gemeinsamen Cambiumcylinder aus dem Gipfelcambium unter der Knospe bilden. 2. Die Primordialbündel durchziehen selbstständig und gesondert eine gewisse Anzahl von Stengelgliedern, treten an ihrem

unteren Ende entweder isolirt, oder nur durch wenige Gefäfse mit ihren Nachbarbündeln in Berührung auf, nehmen von unten nach oben stetig an Dicke zu und treten an ihrer stärksten Stelle ganz in die Blätter aus. 3. Auf die Erstlingsbündel folgen die Folgeschichten, welche sie verstärken und ersetzen und sich allmälig zur gemeinsamen Kreisschicht, dem Holzring, verbinden. 4. Die Erstlingsbündel bilden in Gemeinschaft mit ihren Folgeschichten, ihrer Cambium- und Bastlage geschlossene Einheiten, die als Blattspuren gewissermafsen den Antheil der einzelnen Blätter am gemeinsamen Gefäfsbündelkreise ausmachen. 5. Die Anordnung dieser Blattspuren stellt das anatomisch fixirte Bild der Blattstellung dar, welche sich meistens innerhalb gegebener Grenzen bewegt. 6. Der Holzkörper zeigt demnach eine gesetzmäfsige Zusammensetzung aus einer zwischen bestimmten Grenzen gegebenen Anzahl von Blattspuren. 7. Nach der Zahl der Blattspuren und der Zahl der von ihnen durchlaufenen Interfolien, sowie aus anderen, den Bau und Verlauf der Blattspuren bestimmenden Verhältnissen, welche bei einer gegebenen Pflanze ziemlich constant sind, richtet sich auch der Bau des Holzringes. — Ferner hat Hanstein im Stengelknoten der Rubiaceen, Valerianeen, Dipsaceen und Caprifoliaceen gürtelförmige Gefäfsverbindungen nachgewiesen, welche bei der letzten Familie jedoch nicht constant sind. Während das eigentliche Laubblatt seine Gefäfse direct vom Holzringe des Stammes empfängt, erhalten die Nebenblätter ihre Gefäfsbündel von diesem Gürtel; ein Theil der wirtelständigen Blätter der Rubiaceen hat deshalb nach ihm den Werth von Nebenblättern. Im Stengelknoten der Cicuta virosa finde ich gleichfalls einen gürtelförmigen Gefäfsbündelverlauf; auch scheint bei den Cycadeen etwas Aehnliches vorzukommen, doch habe ich beide Verhältnisse nicht näher untersucht. Endlich giebt Hanstein noch Mittheilungen über den Gefäfsbündelverlauf der Cacteen, welche unter sich mancherlei Abweichungen zeigen (Monatsberichte der Berliner Akademie 1858, desgleichen Abhandlungen der Berliner Akademie 1858). Ueber den Zusammenhang der Gefäfsbündel mit der Blattstellung vergleiche man Bd. II. p. 123.

Zu §. 32. p. 340. Im Stamm einiger Begoniaceen erscheint nach Hildebrand ein doppeltes (ein centrales und ein peripherisches) Gefäfsbündelsystem, deren Bündel in den Stengelgliedern gesondert verlaufen, dagegen in den Knoten mit einander zahlreiche Anastomosen bilden. Kein centrales Gefäfsbündel geht geraden Weges, ohne Verbindung mit

den seitlichen Bündeln, durch den Knoten. Bei einigen Arten treten Theile beider Systeme zum Blatte hinüber, bei anderen dagegen wird das Blatt nur vom peripherischen System versorgt. Die Zahl der Bündel beider Systeme ist in den Internodien verschieden, die Blattstellung steht nur mit dem peripherischen System im Zusammenhang. Die centralen Gefäfsbündel sind ohne Regel im Mark vertheilt, sie wachsen, gleich den bei einigen Arten in der Rinde vorkommenden Bündeln, nicht nach, die peripherischen Bündel dagegen, welche in der Regel einen geschlossenen Holzkörper bilden, verdicken sich in dicotyledoner Weise durch ihr Cambium (F. A. G. Hildebrand, de caulibus begoniacearum. Berolini 1858).

Zu §. 32. p. 342. Die Erklärung der Fig. 75 u. 76 bitte ich im zweiten Bande p. 60 nachzulesen.

Zu §. 32. p. 352. Man vergleiche p. 58 des zweiten Bandes.

Zu §. 32. p. 353. Der in Wien mit seltener Vollendung ausgeführte Naturselbstdruck giebt uns ein leichtes Mittel zum vergleichenden Studium der Nervatur der Blätter, wofür ich auf die allerliebste Schrift von Pokorny »Die Nervatur der Pflanzenblätter. Wien 1858« verweise.

Zu §. 33. p. 354. Ueber die Thätigkeitserscheinungen der Pflanze als zusammengesetzter Organismus (Aufnahme der Nahrung, Verarbeitung derselben, Saftströme u. s. w.) giebt Unger interessante Mittheilungen, für welche ich jedoch auf das Werk selbst verweisen mufs (Unger, Anatomie und Physiologie p. 288—370).

Zu §. 33. p. 371. Man vergleiche p. 165 des zweiten Bandes.

Zu §. 33. p. 375. Nach ausgedehnten Versuchen, welche Karsten über das Verhalten der Wurzel der Iriartea praemorsa in Wasser, in Kohlensäure, in kohlensaurem Ammoniak und humussaurem Ammoniak angestellt, zeigte sich, dafs die Einwirkung der Kohlensäure die Ausdehnung der Zellmembran befördert, die stickstoffhaltigen Verbindungen aber der Zellvermehrung günstig sind. Stärke schien nur bei Gegenwart der letzteren gebildet zu werden. Das Ammoniak wurde von dem Wurzelgewebe aufgenommen (Karsten, die Vegetationsorgane der Palmen. p. 66—73).

Zu §. 33. p. 375. Nach Boussingault's neuesten Untersuchungen üben der phosphorsaure Kalk und die Salze der Alkalien und Erden, durch die Verbindung mit Stoffen, welche den Stickstoff assimilirbar machen, einen grofsen Einflufs auf die Vegetation. Die assimilirbaren

stickstoffhaltigen Verbindungen der Luft aber bewirken, obschon ihre Menge zu klein ist um bestimmt zu werden, eine reichliche und schnelle Pflanzenproduction; der Salpeter endlich, welcher den phosphorsauren Kalk und das kieselsaure Kali begleitet, wirkt wie ein stickstoffhaltiger Dünger. — In einer anderen Abhandlung zeigt derselbe Beobachter, dafs der Salpeter im Allgemeinen, da er in gröfserer Menge als das Ammoniak im Boden vorkommt, für die Ernährung der Pflanzen wichtiger ist, dafs aber die geologische Beschaffenheit des Bodens auf die Salpeterbildung Einflufs übt, so dafs in den Seen mit syenitischem Grunde nur Spuren, im Wasser des rothen Sandsteins oder des Quarzsandsteins der Vogesen nur 0,5 gr. Salpeter im Kubikmètre enthalten ist, wogegen das Wasser auf Kalkboden, derselbe mag nun zur Trias-, zur Jura- oder zur Kreideformation gehören, 6—62 gr. im Kubikmètre besitzt. Während das Quell- und Flufswasser in der Regel mehr Salpeter als Ammoniak enthält, findet beim Regen, Schnee und Thau das umgekehrte Verhältnifs statt.

Zu §. 33. p. 378. Hofmeister hat ausgedehnte Versuche über das Steigen des Saftes in den Pflanzen angestellt, welche wichtige Resultate ergeben (Bericht der Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften vom 8. August 1857). Die Gefäfse und Holzzellen der Nadelhölzer enthalten nach ihm während des Winters Luft in Form von Blasen innerhalb einer Flüssigkeit (Längsschnitte unter Oel betrachtet). Der Saft steigt in den tiefer angebrachten Röhren höher als in den höher angebrachten (Anfang Juni); ob die Rebe liegt oder aufrecht steht, ändert nicht viel. »Die treibende Kraft des Saftes liegt in den Wurzeln.« Wenn man eine Wurzel nahe dem Stamm durchschneidet und beide Schnittflächen mit einem Steigrohr versieht, so steigt der Saft in dem auf der Wurzel befestigten Rohre viel höher. Die Wurzelspitze und die ganz jungen Wurzeln bewirken dagegen nur ein geringes Aufsteigen. Durchschnittene Wurzeln bluten den ganzen Sommer hindurch, während das Bluten im Stamme bald aufhört. Die Kraft des Steigens nimmt in den Wurzeln erst im Spätherbst ab, das Steigen erfolgt immer langsamer und daher das Ausfliefsen des Saftes spärlicher. Die Temperatur und die Bodenfeuchtigkeit wirken sehr auf die Erscheinung des Saftsteigens, Wärme und Feuchtigkeit begünstigen dasselbe. Tägliche Schwankungen, schon von Hales beobachtet, ergeben für die überirdischen, nicht isolirten Theile der Rebe einige Stunden nach Sonnenaufgang das Maximum und bei Sonnenuntergang

in der Regel das Minimum; tiefliegende Wurzeln lassen solche Schwankungen nicht erkennen. Mit derselben Schnittfläche lassen sich keine fortlaufenden Versuche anstellen, weil schon nach 3 — 4 Tagen die täglichen Schwankungen viel geringer angegeben werden; tief stehende schwache Seitenäste sterben bei diesen Versuchen schon nach wenig Tagen. »Es läfst sich keine andere wahrscheinliche Ursache der treibenden Kraft auffinden, als das endosmotische Verhalten der in bestimmten Zellengruppen der Wurzel eingeschlossenen löslichen Stoffe zum Wasser des Erdbodens.« Zucker findet sich beim Beginn des Blutens nur in den Markstrahlzellen, Dextrin und verwandte Stoffe sind vorwiegend. Versuche mit Gummilösung zeigten nun, dafs nur Wasser aufgenommen, aber kein Gummi abgegeben wird; der Strom geht einseitig vom Wasser zum Gummi. Gummilösung, durch Reispapier oder Tannenholz filtrirt, verliert bedeutend am specifischen Gewicht. Der Gehalt der Rebe an löslichen und aufquellenden Stoffen ist nun zur Winterzeit sehr beträchtlich, vermindert sich aber nach dem Eintritt der Vegetation ganz allmälig. Aus dem geraspelten und bis zum Aufhören der Gewichtsabnahme getrockneten Holze der Wurzel liefsen sich mit kaltem Wasser Anfang Februar 8%, Mitte März 5,69% bis 5,88%, Mitte Juni aber nur 3,79% fester Substanz auslaugen. Der goldgelbe getrocknete Rückstand dieser Lösung schmeckte im Frühling süfslich, im Juni aber nicht mehr; er war nur zum kleinen Theil in Wasser löslich, quoll dagegen auf und zeigte nur Spuren von Stickstoff; das Holz der überirdischen Theile blieb etwas hinter dem Wurzelholz zurück. — Hofmeister bildete Beutel von Reispapier, die mit Gummilösung gefüllt wurden, desgleichen mit Pflanzenmembran verschlossene Röhren; der Erfolg war natürlich geringer als bei der lebenden Pflanze, auch hielten sich die Membranen nur einige Tage, im Manometer stieg das Quecksilber deshalb nicht über 92 Millimètres. Aufquellende Stoffe, Pectin und Traganthgummi wirkten nur langsam, ein geringer Zusatz von Gummi beschleunigte dagegen ihre Wirkung und kam der reinen Gummilösung gleich; die secernirte Flüssigkeit war auch hier sehr gering, beim Eintrocknen hinterblieb nur 0,1 — 0,2% des Gewichtes. Hofmeister's Versuche beweisen somit, dafs die Wurzel im hohen Grade das Vermögen, Wasser aufzusaugen, besitzt, dafs sie dagegen an den Boden kaum lösliche Stoffe abgiebt. Die reichliche Wasseraufnahme vermittelst der Wurzel, durch einen reichen Gehalt an löslichen und aufquellenden Stoffen in den Geweben

derselben bedingt, ist die Ursache des stärkeren Saftstromes im Frühling; mit der Abnahme dieser Stoffe wird auch der Saftstrom schwächer.

Hartig und v. Mohl glauben, dafs die Siebröhren dem absteigenden Saftstrome dienen (Bd. II. p. 53). Bei den Monocotyledonen vermuthet v. Mohl im geschlossenen Gefäfsbündel selbst sowohl einen aufsteigenden, als auch einen absteigenden Strom. Nun lassen sich allerdings im Cambium der Monocotyledonen (ob überall?) Zellen von ungleicher Weite und vielleicht auch von verschiedenem Bau unterscheiden; die weiteren liegen nach der Seite des Centrums, die engeren nach der Seite der Rinde des Stammes (Bd. II. Fig. 166. p. 172 und Bd. I. Taf. V. Fig. 11).

Zu §. 33. p. 378. Hartig giebt (Bot. Ztg. 1858. No. 44. 45) eine an interessanten Beobachtungen reiche Abhandlung »über die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen.« Nach ihm wird der rohe Nahrungssaft von den Wurzeln aufgesogen, er steigt ausschliefslich in den ächten Holzröhren (Gefäfsen) bis zu den Blättern empor und wird hier zu primärem Bildungssaft umgewandelt, der durch das Siebfasergewebe der Rinde in die tieferen Baumtheile gelangt, wo sich aus ihm in bestimmten Zellenarten (in den Mark- und Rindezellen, Markstrahlen, Holzparenchym und bei einigen Bäumen auch in den Holzzellen) die in ihnen überwinternden Reservestoffe bilden, um mit dem aufsteigenden Rohsaft des kommenden Jahres, als secundärer Bildungssaft gemengt, der Zunahme der Holzpflanzen an Trieben, Blättern, Holz und Rinde zu dienen. Die Pflanze schafft nach ihm alljährlich Reservestoffe in bestimmter Menge, auf deren Verwendung ihre Vergröfserung im kommenden Jahre beruht. Hartig glaubt, dafs der secundäre Bildungssaft durch die Holzröhren bis in die Gipfeltheile des Baumes geleitet werde, um in die Bastschichten überzugehen und von diesen aus die Cambialschichten speisen zu können; er steigt nach ihm in dem Siebröhrensystem der Rinde abwärts, kann aber in den übrigen Theilen der letzteren, sowie im Marke, nicht abwärts geleitet werden[1]). Die bei der Bildung fester Reservestoffe ausgeschiedene Flüssigkeit wird wahrscheinlich mit dem Rohsafte in den

[1]) Die Gefäfse spielen sicherlich, und zwar, wie ich ebenfalls vermuthe, für den aufsteigenden Saftstrom, eine sehr wesentliche Rolle, allein sie dienen demselben nur in der ersten Zeit ihres Lebens, nämlich so lange sie Säfte enthalten und als Zellenreihen diosmotisch wirken (Nachträge p. 563).

Holzfasern (Holzzellen) aufwärts geführt und durch die Blätter verdunstet. Die Lösung der Reservestoffe beginnt nach Hartig nach der Baumart zu verschiedener Zeit, bei der Eiche früher (Mitte März) als bei den Nadelhölzern (Anfang April), sie beginnt in den jüngsten Trieben und schreitet langsam nach abwärts fort. Die Periode der Lösung dauert im Allgemeinen 2 Monate, in der Wurzel jedoch kürzere Zeit als im Stamm. Die Wiederansammlung neuer Reservestoffe beginnt in den Wurzeln, aber wieder nach der Baumart, zu verschiedener Zeit, beim Ahorn schon im Mai, bei der Kiefer erst im September, und setzt sich langsam nach oben hin fort. Die Mehlbildung dauert wieder durchschnittlich 2 Monate, bei der Lerche und dem Ahorn 3 Monate, überhaupt in den unterirdischen Theilen länger als in den überirdischen. Die Holzbildung beginnt Anfang Mai in den oberen Extremitäten der Bäume und setzt sich langsam nach unten fort, so daſs sie in den dünnen Seitenwurzeln erst viel später (bei der Eiche Anfang August) beginnt; sie dauert in den höheren Baumtheilen länger als in den tieferen, in den Gipfeltrieben bis 5 Monate, in den Seitenwurzeln nur 2 Monate. — Das Bluten gewisser Holzpflanzen im Frühjahre ist nach Hartig eine durch gewaltsame Verletzung hervorgerufene Erscheinung; er erklärt die Spannung des Saftes, mit mir im Einklang, aus einem durch Mangel der Blätter unterdrückten Saftaustausch. In den Monaten Januar und Februar findet er den Feuchtigkeitsgehalt am gröſsten; die nie blutenden Nadelhölzer haben einen gröſseren Wassergehalt als die blutenden Laubhölzer. Nach ihm bluten nur Fagus, Carpinus, Betula, Juglans, Acer, Cornus und Vitis. Der Ahorn blutet den ganzen Winter, wenn die Tagestemperatur + 4° R. übersteigt; die Hainbuche und Birke dagegen bluten (im April) nur zur Tageszeit. Die Monate März und April sind die Zeit der scheinbar gröſsten Saftfülle (des Blutes), Mai und Juni die Monate der Zweig- und Blattbildung, Juli und August die Monate der Holzbildung in den tieferen Holztheilen [1]) und September und October die Zeiten der Reservestoffbildung in den höheren Baumtheilen. Im November geht die Pflanze zur Winterruhe über. Im Juni und Juli sind nach Hartig die Reservestoffe vollständig gelöst, das durchschnittliche Mindergewicht des festen Rückstandes ist für diese Monate im Stamm:

---

[1]) Die Holzbildung beginnt nach meinen Untersuchungen mit dem Wiedererwachen des Wachsthums überhaupt; die Bildung des Herbstholzes aber erfolgt erst nach der vollständigen Ausbildung der neuen Zweige und Blätter.

harte Laubhölzer . . . . . 7 %
weiche Laubhölzer . . . . 8 %
Nadelhölzer . . . . 3 %

Die harten Laubhölzer enthalten das meiste Stärkmehl, die Wurzeln aber besitzen das Vierfache des im Stamm gefundenen Stärkmehlgehaltes.

Die Entästung des Baumes wirkt nach Hartig erst im folgenden Jahre auf die Verminderung des Holzringes, weil sich der Holzzuwachs des ersten Jahres aus den Reservestoffen des vorhergehenden erklärt, durch den Mangel der Blätter aber die Aufspeicherung neuer Reservestoffe für das kommende Jahr unterbleibt. Bei geringelten Bäumen hört die Stärkmehlbildung unter der Ringelung auf und Hartig schliefst hieraus, dafs der primäre Bildungssaft, aus welchem sich die Reservestoffe erzeugen, nur in der Bastschicht aus höheren Baumtheilen abwärts steige. Durch das Ringeln wird ebenfalls die Holzbildung unterhalb der Ringwunde aufgehoben. In allen vor dem Beginn der Holzbildung geringelten Stämmen erscheint nur der schwache Anfang eines neuen Holzringes; wenn aber aus Nebenknospen Zweige entstehen, so findet von ihrer Basis nach abwärts fortdauernd Holzbildung unter der Ringwunde statt. — Die Ueberwallung der Tannen- und Lerchenstöcke soll nach Hartig auf einem fortdauernden allmäligen Verbrauch der Reservestoffe beruhen, welche beim Abhieb des Baumes in der Wurzel niedergelegt waren, worin ich im Allgemeinen mit ihm übereinstimme, jedoch an eine Zufuhr von Nahrungsstoffen durch die Wurzel glaube, indem unmöglich die Reservestoffe 50 und mehrere Jahre lang vorhalten können, auch spricht die veränderte Textur (Maserbildung) des Holzes solcher Stöcke, desgleichen alter Stämme mit sehr beschränkter Blattbildung, für mit dem Blättermangel zusammenhängende Veränderungen in der Holzbildung; endlich habe ich auch überwallte Fichtenstämme gesehen (Bd. II. p. 69 u. 79).

Zu p. 34. p. 389. Die nur auf Galmeilboden vorkommende Viola lutea enthält nach Braun und Monheim Zink in ihrer Asche.

Zu §. 34. p. 390. Nach Heinrich Hanstein wird der Stickstoff den Pflanzen nicht, wie Mulder angiebt, durch die Humussäure zugeführt, da viele Gewächse auch im humusfreien Boden gedeihen (Flora 1858. No. 2).

Zu §. 34. p. 395. Das Holzparenchym und die Markstrahlzellen des Holzes enthalten dagegen sehr häufig und namentlich zur Winterzeit fast immer Stärkmehl. Im Holzparenchym, noch mehr aber

in den Markstrahlzellen werden auch häufig Krystalle gefunden. Beide Zellenarten sind in physiologischer Beziehung dem Parenchym sehr ähnlich (Nachträge p. 565).

Zu §. 35. p. 414. Der Pollenschlauch dringt, wie es scheint, nur bei sehr wenig Pflanzen in den Embryosack (bei Canna, Viscum und nach Hofmeister auch bei Najas, Passiflora und einigen Geraniaceen. (Bd. II. p. 390).

Zu §. 36. p. 417. Die sogenannte Cuticula, die Aufsenhaut, der Pollenkörner gehört, nach meinen neuesten Untersuchungen, nicht zu den Secreten, sie entspricht vielmehr den Verdickungsschichten der Pflanzenzelle (Bd. II. p. 358). Der Sack, welcher die Pollenkörner der Asclepiadeen umschliefst, ist dagegen eine durch Secretion gebildete Membran.

Zu §. 37. p. 420. Ich bitte um einen Vergleich mit §. 90 des zweiten Bandes.

Zu §. 38. p. 428. Nach H. v. Mohl sind auch die jüngsten Pflanzenzellen, das Cambium u. s. w. doppeltbrechend, desgleichen wirkt der polarisirte Lichtstrahl nach ihm, auch wenn er die Pflanzenmembran in einer auf ihre Fläche senkrechten Richtung durchdringt. Beide Angaben sind richtig; ich habe mich hier geirrt, indem ich mit so zarten Schnitten operirte, dafs die nur sehr schwach doppeltbrechende Membran auf dem dunkelen Felde des Polarisations-Mikroskopes kaum einen Lichtschimmer zeigte. Dagegen ist ein dritter Einwand v. Mohl's, dafs die chemische Eigenschaft einer Pflanzensubstanz hinsichtlich ihrer Wirkung auf das polarisirte Licht wesentlich in Betracht komme, zum wenigsten durch die angeführten Erscheinungen nicht hinreichend bewiesen, und ist es viel wahrscheinlicher, dafs die Molecular-Anordnung selbige bewirkt. — Die doppeltbrechende Kraft der Pflanzenmembran ist, wie ich mich später überzeugt habe, dem Grade nach sehr verschieden; die jugendlichen Membranen und solche, welche keine Schichtung zeigen, sind im Allgemeinen in sehr geringem Grade doppeltbrechend und können deshalb bei sehr zarten Schnitten leicht für einfach brechend gehalten werden. Hierher gehören die von mir §. 38 als einfach brechend angegebenen Thier- und Pflanzenmembranen, ferner zarte Durchschnitte durch Pollenkörner, welche auf dem schwarzen Felde vollständig verschwinden (Mirabilis, Malope u. s. w.), was um so bemerkenswerther ist, als die Membran derselben ziemlich fest zu sein scheint. Aber auch die älteren Gewebe mit deutlicher Schich-

tung zeigen, und zwar zunächst nach dem Grade ihrer Dichtigkeit, nicht unbedeutende Abstufungen; je dichter und fester die Zellwand, um so stärker ist auch im Allgemeinen die doppelt brechende Kraft derselben. Die Baumwolle und das Stärkmehlkorn verlieren beim Aufquellen unter Kupferoxyd-Ammoniak allmälig ihre doppelt brechende Kraft; das schon stabförmige Stärkmehlkorn der ganz jungen Keimpflanze von Euphorbia canariensis und das in der Runkelrübe entstandene Stärkmehl (Nachträge p. 555) verschwinden auf dem schwarzen Felde des Polarisations-Mikroskopes, obschon sie sich chemisch wie Stärke verhalten. Das geschmolzene Wachs ist einfach brechend, wird aber beim Erstarren, unter Anschufs nadelförmiger Figuren, doppelt brechend. Dünne Kaoutschouklamellen zeigen in der Richtung der durch das Messer bewirkten Ungleichheiten die lebhaftesten Depolarisationsfarben, welche nach gelinder Erwärmung durch Ausgleichung der Spannungsunterschiede verschwinden, während die Masse noch doppelt brechend bleibt, aber schon vor Eintritt des Schmelzpunktes einfach brechend wird. Auch das Stearin ist im geschmolzenen Zustand einfach brechend, krystallirt aber mit den wunderschönsten Depolarisationsfarben (Bd. I. p. 433). Die Schichtung der Membran, oder das Abwechseln dichterer und minder dichter Partieen in derselben, ist, wie die Kaoutschouklamelle zeigt, von wesentlichem Einflufs auf die Polarisationserscheinungen. Die Bastzellen mit spiralförmiger, oft in den verschiedenen Schichten wechselnder, Verdickung zeigen bekanntlich Depolarisationsfarben. — Sehr dünne Lamellen einer Pflanzenmembran verschwinden, wenn der polarisirte Lichtstrahl senkrecht auf ihre Fläche fällt, auf dem dunkelen Felde mehr oder weniger; deshalb erscheint die Wand der Pinuszelle, auf welche man von oben blickt (Taf. IV. Fig. 27), fast so dunkel als das Gesichtsfeld, während die Seitenwände und die Tüpfel mit hellem Licht vortreten und letztere das schwarze Kreuz aufweisen. Der Grad der Dichtigkeit und die Masse einer vom polarisirten Licht durchlaufenen Pflanzenmembran vermehren dagegen die Lichterscheinung auf dem dunkelen Felde und ändern die Farbe bei eingeschalteter Gypsplatte. So treten die Spiralbänder der meisten isolirten Gefäfszellen sehr lebhaft hervor, während die zarte primäre Membran dieser Zellen beinahe verschwindet; bei den Holzzellen dagegen ist die primäre Membran in der Regel stärker als die Verdickungsschichten verdichtet und deshalb auch stärker doppelt brechend. — Nach der Stellung der Farben, welche der Querschnitt einer cylindrischen Zelle auf dem farbigen Felde, bei Ein-

schaltung der Gypsplatte, zeigt, indem hier zwei sich unter einem rechten Winkel kreuzende Achsen von verschiedener Farbe auftreten, unterscheidet nun v. Mohl optisch negative und optisch positive Pflanzenstoffe. Die im Innern der Gewächse vorkommenden Zellen sind nach ihm negativ, die cuticularisirten Theile des Oberhautgewebes, die Stärkmehlkörner und die Schiefsbaumwolle sind dagegen optisch positiv. Allein das sehr dickwandige cuticularisirte Periderma von Opuntia Ficus indica verhält sich auf sehr zarten Längs- und Flächenschnitten in der Farbenstellung wie das Collenchym, es ist optisch negativ. Die Schiefsbaumwolle aber ändert, nach der Art der Bereitung und namentlich nach der Dauer der Einwirkung des Säuregemisches bei ihrer Darstellung, ihre optischen Eigenschaften, indem sie zuerst gleich der erwärmten Kaoutschouklamelle die Depolarisationsfarben der Baumwolle verliert [1]), später aber immer schwächer doppelt brechend wird und zuletzt fast auf dem schwarzen Felde des Polarisations-Mikroskopes verschwindet [2]). Das Stärkmehlkorn der Kartoffel bleibt dagegen selbst auf den zartesten Durchschnitten optisch positiv. Für die Holzzellen scheint endlich die Dicke des Schnittes und der Grad der doppelt brechenden Kraft ihrer Substanz sehr in Betracht zu kommen. Bei der Oberhaut der Gasteria obliqua verhalten sich nach v. Mohl die cuticularisirten Theile optisch positiv, während die inneren, aus Zellstoff bestehenden, Schichten derselben Zelle optisch negativ erscheinen, wogegen nach der Entfernung des Korkstoffes durch Aetzkali auch diese äufseren Schichten ein negatives Verhalten zeigen. Aus diesen Thatsachen, welche ich bestätigen kann, folgert nun v. Mohl den Einflufs der chemischen Beschaffenheit der ausgezogenen Substanz auf das optische Verhalten; allein bei der Behandlung einer cuticularisirten Membran mit Aetzkali wird 1. ein in der Membran vorhandener Stoff entfernt und 2. die Zellstoffwand selbst aufgelockert, damit aber die Dichtigkeit und die Moleculäranordnung in derselben wesentlich verändert. Ich möchte deshalb, gestützt auf die Veränderungen des optischen Verhaltens der Körper beim Wechsel des Aggregatzustandes, obige Erscheinungen nicht von der chemischen Zusammensetzung, sondern von der Anordnung der Molecüle ableiten, zumal

---

[1]) Bei einer Einwirkung von $2\frac{1}{2}$ Minuten in einer Mischung von Salpeter mit Schwefelsäure.

[2]) Nach einem Verweilen von 10 Minuten in einer Mischung von rauchender Salpetersäure und Schwefelsäure.

da auch die verschiedenen, die Polarisationsebene nach rechts lenkenden, Zuckerarten keine absolut gleiche Zusammensetzung haben (Rohrzucker $C^{12}H^{10}O^{10} + 2$ Aq., Traubenzucker $C^{12}H^{12}O^{12} + 2$ Aq., Milchzucker $C^{12}H^{10}O^{10} + 2$ Aq.) und sich der Fruchtzucker ($C^{12}H^{12}O^{12}$), welcher links lenkt, vom Traubenzucker nur durch 2 ihm fehlende Aequivalente Wasser unterscheidet. — Sehr zarte Längsschliffe der Stämme von Corallina officinalis sind in den Gelenken schwach, im verkalkten Theile aber sehr stark doppelt brechend. Nach Entfernung des kohlensauren Kalkes durch Salzsäure ändert sich die Sache, indem jetzt die Gelenke noch stärker doppelt brechend als die nunmehr entkalkten Zellen sind. Die Traubenkörper des Blattes von Ficus elastica (Bd. I. p. 100) geben nur eine verhältnifsmäfsig schwache Lichterscheinung. — Alle Zellen mit Kieseleinlagerung sind stark doppelt brechend, das Kieselskelett dagegen zeigt kaum einen Lichtschimmer. — Nach v. Mohl ist das Polarisations-Mikroskop besonders geeignet, um Krystalle in den Pflanzen aufzufinden; ich glaube dagegen, dafs es auch zur Bestimmung der Dichtigkeitsverhältnisse von einigem Nutzen ist, indem es uns lehrt, dafs junge und nicht geschichtete Membranen im Allgemeinen in sehr geringem Grade doppelt brechend sind, dafs aber mit der Zunahme der Dichtigkeit auch die doppelt brechende Kraft gewinnt.

Zu §. 60. p. 214. Cohn's Untersuchungen über die Befruchtung von Sphaeroplea annulina sind jetzt mit Abbildungen in den Annales des sciences (Tom. V. 1856) erschienen, welcher Band auch dessen neueste Beobachtungen über die Befruchtung von Volvox globator enthält. Die Sphaeroplea, welche bisweilen an überschwemmt gewesenen Orten massenhaft auftritt, hat nach Cohn kugelige Ueberwinterungssporen von $\frac{1}{125}$ — $\frac{1}{100}$ Linien im Durchmesser, die, mit einer doppelten Membran bekleidet, Stärkmehl und ein rothes feinvertheiltes Oel enthalten. Im Frühjahr (März) beginnt die Keimung derselben, und zwar theilt sich der Inhalt jeder Spore zuerst in 2, 4 und darauf in 8 Theile, welche die doppelte Hülle durchbrechen und als länglich runde Schwärmsporen, mit einem Schnabel und zwei Wimpern, frei werden. Während eines mehrstündigen Umherschwärmens erhalten dieselben erst eine Cellulose-Membran, bei der Keimung verlängern sich darauf die beiden Enden haarförmig, das rothe Oel verschwindet, sich in Chlorophyll umwandelnd, und die junge Pflanze gleicht nunmehr dem Closterinum rostratum; sie wächst darauf in ihrer Mitte durch Zellentheilung, und wird zu einer Fadenalge. In den Zellen

der ausgebildeten Pflanze entstehen dann später, nach mancherlei Umwandlungen des Inhaltes, kugelige Sporen (Primordialsporen nach Cohn, Befruchtungskugeln nach Pringsheim), mit Chlorophyll und Stärkmehlkörnern erfüllt und von einer Schleimhülle umkleidet, welche aus Mangel einer festen Membran durch Druck zusammenfliefsen. Die Membran der Zellen, in denen sich diese Primordialsporen bilden, hat sich derweilen aus Zellstoff in Amyloid verwandelt (Jodlösung bewirkt schon für sich eine carminrothe Färbung), aufserdem sind an bestimmten Orten kleine Oeffnungen entstanden (2 — 6 für jede Zelle). In anderen Zellen der Sphaeroplea haben sich während dieser Vorgänge aus dem grünen ursprünglich bandförmig angeordneten Plasma eine Unzahl stabförmiger Körperchen gebildet, welche nach einander beweglich werden und in der Zelle um grofse farblose Vacuolen schwärmen. Die Mutterzelle dieser Spermatozoiden erhält darauf ähnliche Oeffnungen wie die Mutterzelle der Primordialsporen; die schmalen keilförmigen Spermatozoiden, etwa $\frac{1}{250}$ Linien lang, entschlüpfen und zeigen, sich frei im Wasser bewegend, am vorderen spitzen Ende 2 lange schwingende Wimpern, sie gleichen den Microgonidien der Algen, drehen sich aber transversal um ihre Achse und schwenken die schnabelförmige Spitze hin und her, auch führen sie in der Regel stofs- oder sprungförmige Bewegungen aus. Die im Wasser schwärmenden Spermatozoiden sammeln sich darauf um die weiblichen Zellen und schlüpfen, wenn sie an die eine oder andere Oeffnung gelangen, in dieselbe hinein. Nach kurzer Zeit sieht man mehr als 20 Spermatozoiden im Innern der weiblichen Zellen, wo sie sich längere Zeit (bis 2 Stunden) um die Primordialsporen in eigenthümlicher Weise, als wenn sie angezogen und wieder abgestofsen würden, bewegen und sich endlich mit ihrem Schnabel an die Oberfläche derselben festsetzen, noch eine Zeit lang hin und her schwenken und endlich, indem sie sich mit ihrer ganzen Länge an die Primordialsporen legen, ruhig werden. Ihr Körper verliert seine Gestalt, nur ein Schleimtröpfchen bleibt zurück, während der übrige Theil endosmotisch aufgenommen wird. Ein vollständiges Eindringen der Spermatozoiden scheint dagegen nach Cohn hier nicht stattzufinden, doch ist die grün gefärbte Spore, für diese Beobachtung ungünstig. Unmittelbar nach der Befruchtung zeigt sich darauf die Bildung einer festen Membran um die Primordialsporen und es entstehen nach einander 3 Häute, deren äufsere sich lostrennt, worauf der bis dahin grüne Inhalt eine rothe Farbe gewinnt. Die Zahl

und Gröfse der Sporen einer Mutterzelle sind verschieden. Nach Cohn gehört die Sphaeroplea zu den einzelligen Algen im Sinne Nägeli's, da alle Zellen derselben an der Fortpflanzung theilnehmen. — Bei Volvox globator hat Cohn aufser einer ungeschlechtlichen Vermehrung noch eine geschlechtliche Fortpflanzung nachgewiesen. Volvox besteht bekanntlich aus einzelnen freien Zellen, welche in einer weiten kugeligen Blase in bestimmter Anordnung liegen. In der Regel finden sich nun männliche und weibliche Zellen in derselben Umhüllung neben einer noch gröfseren Menge geschlechtsloser Zellen. Die geschlechtliche Colonie unterscheidet sich durch ihre Gröfse und die vermehrte Zahl der zu ihr gehörigen einzelligen Pflanzen. Die weiblichen Zellen vergröfsern sich überwiegend, wobei ihr grüner Inhalt dunkler wird, sie selbst aber eine flaschenförmige Gestalt annehmen, und mit ihrem Halstheil am Umkreis der Hüllhaut haften. Während die weiblichen Zellen keine Theilung eingehen, theilt sich der grüne Inhalt der männlichen Zellen zuerst in 2, dann in 4, 8, 16 Theile u. s. w., wobei sich die Theilungsrichtung nur in 2, aber nicht, wie bei der ungeschlechtlichen Vermehrung von Volvox, in 3 Richtungen durchkreuzt, weshalb die kleinen, durch Theilung entstandenen, Körperchen der männlichen Zellen als Bündel in gleicher Richtung neben einander liegen. Wenn die männlichen Zellen 0,05 Millim. Durchmesser erreicht haben, werden diese Bündel beweglich, indem am oberen farblosen Theile der Körperchen (Spermatozoiden) zwei lange Wimpern erscheinen; dieselben trennen sich darauf und werden frei, ohne dafs Cohn die Weise, in welcher sie der männlichen Zelle entschlüpfen, wahrnehmen konnte. Als stabförmige Körperchen, deren Hintertheil ein wenig verdickt ist und deren Vordertheil einen langen, dünnen, schwanenhalsartig gekrümmten Schnabel bildet, welcher sehr contractil, sich hin und her bewegt und an seiner Basis 2 sehr lange schwingende Wimpern trägt, tummeln sie munter in der allgemeinen Blase umher, sammeln sich darauf um die weiblichen Zellen, an deren Oberfläche sie sich festsetzen und vermittelst ihres Schnabels bemüht scheinen, in dieselben einzudringen. Bald darauf findet man auch eine Menge derselben im Innern der weiblichen Zelle, wo sie sich ohne Widerstand an die Oberfläche der Primordialspore (Befruchtungskugel nach Pringsheim) hängen, sich fort und fort contrahiren und krümmen und, wie Cohn vermuthet, einzeln in die von keiner festen Membran umhüllte Protoplasmamasse (die Primordialspore) eindringen, worauf die Befruchtung

vollzogen ist und diese Masse sofort zur Spore wird. Es ist hier nicht zu entscheiden, ob die Befruchtung durch eine endosmotische Absorption der Spermatozoiden oder durch eine vollkommene Verschmelzung derselben mit der Plasmamasse der weiblichen Zellen stattfindet; es entsteht eine feste Membran um selbige, welche 12 bis 24 Hervorragungen besitzt und innerhalb welcher später eine zweite glatte Membran erscheint. Das Chlorophyll des Inhaltes verschwindet darauf, es bilden sich neben kleinen Oeltropfen Stärkmehlkörner, und die Colonie, welche bis 40 nunmehr reifer Sporen umschliefst, vergeht, so dafs die freien Sporen an den Grund des Wassers gelangen, wo sie während der kalten Jahreszeit ruhend verbleiben. Ehrenberg hat, nach Cohn, die sternförmigen noch unreifen Sporen des Volvox globator als Volvox stellatus beschrieben, die Colonien aber, welche weibliche Zellen und Spermatozoidenbündel enthalten, als besondere Gattung, Sphaerosira Volvox Ehr., aufgeführt.

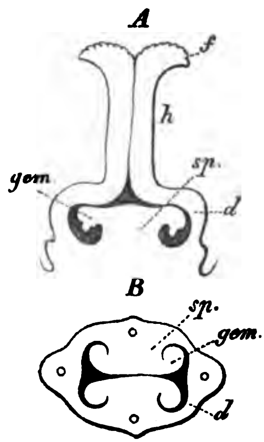
Durch diese neuen Untersuchungen Cohn's wird die Lehre von der Algenbefruchtung wesentlich bereichert; wir sehen daraus, dafs sie im Allgemeinen, selbst in den verschiedensten Abtheilungen dieselbe bleibt, indem überall membranlose Befruchtungskörper unmittelbar durch Spermatozoiden befruchtet werden und nach geschehener Befruchtung sofort eine Cellulose-Hülle erhalten, wogegen in den Nebenumständen sehr wesentliche Verschiedenheiten auftreten. Die Bildung mehrerer Schwärmsporen in den auf geschlechtlichem Wege entstandenen Sporen von Sphaeroplea erinnert an Bulbochaëte (p. 215). Die männlichen Zellen des Volvox aber entsprechen, nach Cohn, den männlichen Pflanzen des Oedogonium u. s. w.

Zu §. 61. p. 230. Cohn entdeckte die contractilen Vacuolen bei Gonium und Clamidomonas, dieselben wurden von ihm und Anderen später auch bei Volvox aufgefunden. Schenk bestätigt nicht allein ihr Dasein bei den genannten Pflanzen, sondern fand sie auch in den Schwärmfäden der Chaetophora elegans. Bei zwei schmarotzernden Algen, einem Chytridium und einem Rhizidium A. Br., beobachtete derselbe neuerlich Schwärmsporen, welche amöbenartige Bewegungen ausführen. Die Schwärmspore des Rhizidium streckt sich nach Schenk in die Länge und entwickelt Fortsätze, welche sie darauf sämmtlich oder theilweise wieder einzieht, um sich nach einer anderen Richtung auszudehnen, oder sie entwickelt einen Fortsatz vorwiegend, wobei die übrigen verschwinden u. s. w. Auch die noch in der Fructifications-

zelle zurückbleibenden Schwärmsporen zeigen dieselben Bewegungen, welche verhältnifsmäfsig langsam ausgeführt werden. Unter abwechselnd sistirter und darauf wiederkehrender Bewegung verschwindet allmälig die einzige, langsam schwingende Wimper und die Schwärmzelle beginnt zu keimen. Damit wäre aber die scheinbar willkürliche Contractilität des Primordialschlauches für genannte Fälle nachgewiesen und liegt der von Schenk und Anderen gezogene Vergleich dieser Erscheinung mit den Protoplasmaströmen in der Pflanzenzelle allerdings sehr nahe; andererseits aber würde damit der früher zwischen Thier und Pflanze aufgestellte Unterschied, nach welchem die Contractilität nur der thierischen Membran angehört, fallen. — Der Mangel der Zellstoffmembran für die Schwärmzellen ist für Schenk ein Beweis zu Gunsten des Primordialschlauches als Membran (Schenk, Contractile Zellen im Pflanzenreiche. Würzburg 1858).

Zu §. 73. p. 317. Bei den Labiaten und Borragineen entstehen die 4 sogenannten Nüsse, aus deren Mitte der einzige Staubweg hervorgeht, durch eine eigenthümliche Ausbildung der Fruchtknotenwand, indem selbige sich dicht um die 4 vorhandenen Samenknospen zweier wandständigen Samenträger biegt und sich mit denselben, sie dicht umschliefsend, ausdehnt (Fig. 293).

Fig. 293.



Zu §. 81. p. 405. Regel giebt (Botanische Zeitung 1858. p. 305) aufser einer Zusammenstellung und Kritik der über die sogenannte Parthenogenesis beobachteten Fälle noch wichtige eigene Versuche. Bei Mercurialis annua hat derselbe an der weiblichen Pflanze, zwischen den achselständigen Blüthenhaufen täglich einzelne, vollkommen entwickelte, männliche Blumen gefunden, die man oftmals erst nach dem Verstäuben ihrer Antheren erkennt, weshalb Mercurialis für diese Versuche nicht entscheidend ist; aber dessen ungeachtet haben diejenigen Pflanzen, von welchen sorgfältig die männlichen

Fig. 293. *A* Längsschnitt durch eine sehr junge Blüthenknospe der Salvia nivea, *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle, *f* die Narbe, *gem* die Samenknospe, *h* der Staubweg, *sp* der Samenträger. *B* Querschnitt des Fruchtknotens, die Bezeichnung wie oben. (Vergröfserung 40 mal.)

Blüthen entfernt wurden, bis jetzt keine Früchte angesetzt, während andere, wo dies nicht geschehen, solche brachten. Auch bei Spinacia fand Regel, zwischen den achselständigen Haufen weiblicher Blüthen vereinzelt, ausgebildete Antheren mit normalen Pollen, welche verkümmerten männlichen Blüthen angehörten. Auch fand derselbe zwischen den Haufen weiblicher Blüthen einzelne drüsenartige Körper, welche sich als ungestielte Antheren auswiesen und normal ausgebildeten Pollen enthielten. Regel schliefst daraus mit Recht, dafs sowohl bei Mercurialis als auch bei Spinacia die Bildung des keimfähigen Samens nothwendig unter dem Einflufs des Pollens steht und glaubt, dafs die eigenthümlichen Drüsen, welche die weibliche Blume der Coelebogyne umgeben, mit einzelnen verkümmerten Antheren leicht zu verwechseln wären. Die gesondert stehenden weiblichen Pflanzen von Cannabis sind schon nach Linné ohne Samen geblieben, bei Ricinus und Ecbalium aber haben Naudin und Decaisne, welche die Parthenogenesis für Mercurialis, Spinacia und Cannabis vertheidigen, nach Entfernung der männlichen Blüthen, niemals Samen erhalten. Der Umstand, dafs die Narben der Cölebogyne und der angeblich nicht bestäubten Blüthen von Mercurialis annua sich lange frisch erhielten, kann nicht, wie Radlkofer glaubt, als sicherer Beweis mangelnder Bestäubung gelten, da sich hierin die Pflanzen durchaus verschieden verhalten, indem bei Hippuris vulgaris z. B. die Narbe vielfach schon vor der Bestäubung vertrocknet und deshalb eine Befruchtung unterbleibt; bei Torenia asiatica dagegen auch die bestäubte Narbe länger frisch verbleibt und sich sogar nach einigen Tagen wieder öffnet, als ob sie auf neuen Blüthenstaub warte, dabei aber für Reizung nicht mehr empfindlich ist (Bd. II. p. 504). Die Narbe vertrocknet überhaupt keineswegs auf Grund stattgefundener Bestäubung, sondern wegen der von der Befruchtung abhängigen Ausbildung der Keimanlage im Embryosack, welcher jetzt für sich mehr Nahrung verlangt, die, wie es scheint, den übrigen Blüthentheilen entzogen wird (Bd. II. p. 404). — Dafs Radlkofer einmal ein Pollenkorn, dessen Abstammung er nicht nachweisen konnte, auf der Narbe der Cölebogyne gesehen, und Deecke sogar einmal einen Pollenschlauch am Embryosack seitwärts vom Keimbläschen gefunden, macht aufserdem, wie Regel mit Recht hervorhebt, die Sache verdächtig, dazu sind die sitzenden Drüsen der weiblichen Blüthe, deren vollständige Entwickelungsgeschichte überhaupt noch fehlt, keineswegs genügend untersucht. Endlich aber ist

es bei vielen Pflanzen gar nicht so leicht, die Pollenkörner auf der vertrockneten Narbe oder die Pollenschläuche im Staubweg oder in der befruchteten Samenknospe nachzuweisen. Bei Corylus und Alnus z. B., die im ersten Frühjahr (Februar) bestäubt werden und erst im Sommer (Ende Juni) zur Befruchtung kommen, ist es sehr schwer die Pollenschläuche im Staubweggewebe mit Sicherheit aufzufinden. Bei Zea Mais und Hippuris vulgaris aber ist es nicht leichter, die Pollenschläuche im Knospenmunde nachzuweisen, weshalb auch Unger sie bei der letztgenannten Pflanze übersehen konnte und darum die Embryo-Anlage »ohne unmittelbaren Einfluſs von Auſsen« entstehen lieſs (Botan. Zeitung 1849. p. 336), während Schleiden (Acta Acad. L. C. Tom. XIX. Taf. V. Fig. 69) und ich (Preisschrift p. 199) den Eintritt der Pollenschläuche in die Kernwarze der Samenknospe von Hippuris mit vollster Sicherheit beobachtet haben. — Da wir nun die Coelebogyne noch viel zu wenig kennen, auch bisher für sie nur ein sehr beschränktes Material zur Beobachtung vorhanden war, so ist die Frage der Parthenogenis im Pflanzenreich noch keineswegs entschieden und sprechen die von Regel mitgetheilten Beobachtungen nicht sehr zu ihrem Vortheil.

Zu §. 90. p. 544. Unger giebt (Anatomie p. 444) einige Beispiele alter Bäume, z. B. Linden in Litthauen mit 815 Jahringen und 82 Fuſs Stammumfang, Eichen in Polen mit 710 Jahresringen und 49 Fuſs Stammumfang, Orangenbäume in dem Tuilerien-Garten von 300 bis 700 Jahren; die alte Kastanie auf dem Aetna und das Taxodium distichum zu Sta. Maria del Tule in Mexico, dessen Stamm 124 spanische Fuſs im Umfang hat, aber nicht sehr hoch ist (E. Mühlenpfordt, Versuch einer Schilderung der Republik Mexico p. 153—154). Ficus Sicomorus, Olea europaea und Pinus Cedrus sollen gleichfalls ein sehr hohes Alter erreichen.

Zu §. 88. p. 503. Die Bewegungserscheinungen der Staubfäden von Berberis und der Blattfläche von Dionaea muscipula sind von Unger näher beschrieben (Unger, Anatomie und Physiologie p. 137—422).

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

Fig. 1—3. Hagenia (Borrera) ciliaris (p. 198.)

Fig. 1. Ein Stück der Flechte mit Apothecien *x* und kleinen schwarzen Punkten (den Spermogonien), in natürlicher Gröfse.

Fig. 2. Ein Spermogonium im Längsschnitt. *a* Zellen des farblosen Fadengewebes, *b* mit Chlorophyll erfüllte Gonidien.

Fig. 3. Ein Apothecium im Längsschnitt. *a* Das dichtere Rindengewebe, *b* das sogenannte Markgewebe, in welchem die Gonidien liegen, *c* die aus Sporenschläuchen und Paraphysen bestehende Schicht des Fruchtlagers.

Fig. 4. Peziza benesuada (p. 186).

(Nach Tulasne copirt.)

Sporenschläuche (*a*) und Spermatienfäden (*b*) auf demselben Fruchtlager befestigt, (*c*) freigewordene Spermatien.

Fig. 5. Tremella mesenterica (p. 186).

(Nach Tulasne copirt.)

Spermatien-Fäden. *c* Die Spermatien.

Fig. 6. Puccinia Moliniae (p. 193).

(Nach Tulasne copirt.)

Keimende Sporen, *x* secundaire Sporen.

Fig. 7—13. Vaucheria sessilis (p. 202.)

(Nach Pringsheim copirt.)

Fig. 7. Ein Zustand kurz vor der Befruchtung. *a* die Sporenmutterzelle (das weibliche Organ), *b* das Hörnchen (das männliche Organ).

Fig. 8. Die Sporenmutterzelle einen Theil ihres Protoplasmas entlassend; (Moment kurz vor der Befruchtung.)

Fig. 9. Eintritt der Befruchtungskörper (Spermatozoiden) in die Sporenmutterzelle.

Fig. 10. Ein Zustand kurz nach der Befruchtung, *a* und *b* wie auf Fig. 7. Die Oeffnung der befruchteten Sporenmutterzelle ist bereits durch Bildung einer Membran um die Befruchtungskugel geschlossen.

Fig. 11. Befruchtungskörper (Spermatozoiden).

Fig. 12. Späterer Zustand der Geschlechts-Organe.

Fig. 13. Eine keimende Spore. *a* Die äufsere Spornhaut, welche aus zwei Schichten besteht, *b* die innere, beim Keimen hervortretende Haut.

Fig. 14—17. Oedogonium ciliatum (p. 208.)

(Nach Pringsheim copirt.)

Fig. 14. »Ein vollständiges aber kleines Pflänzchen mit einem befruchteten und einem noch unbefruchteten weiblichen Geschlechtsorgane (*a*). Die Mutterzellen der Androsporen fehlen. Die Männchen (*c*) sind daher in diesem Falle sicher von anderen Exemplaren hergekommen. *c* links zeigt eine Androspore kurz nach ihrem Festsetzen auf dem weiblichen Geschlechtsorgane.« *d* die Zellen in denen sich der Befruchtungskörper bildet.

Fig. 15. »Stück eines Fadens mit einem Oogonium (*a*) und Androsporen-Mutterzellen (*b*), bei *x* tritt eine Androspore aus ihrer Mutterzelle, daneben eine bereits entleerte Androsporen-Mutterzelle.«

Fig. 16. »Augenblick der Befruchtung, der obere Samenkörper (Befruchtungskörper) ist unter Abwerfen des Antheridiumdeckels ausgeschlüpft und durch das Loch des Befruchtungsschlauches in das weibliche Organ eingedrungen. Die Figur stellt den Augenblick seines Herantretens an die noch nackte Befruchtungskugel dar.«

Fig. 17. »Zweite Art der Entstehung der Befruchtungsöffnung; Oogonium (*a*) mit aufklappendem Deckel und hervortretendem, mit einem Loche versehenen Befruchtungsschlauch« *c* und *d* wie auf Fig. 14.

Fig. 18. Bulbochaete intermedia (p. 215.)

(Nach Pringsheim copirt.)

Ein Oogonium, in welchem 4 Schwärmsporen entstanden sind.

Fig. 19. Oedogonium gemelliparum (p. 228.)

(Nach Pringsheim copirt.)

»Schwärmspore nach ihrem Austritt, chlorophyllarmes Exemplar, welches den Cytoblasten deutlich zeigt.«

Fig. 20. Saprolegnia monoica (p. 211.)

(Nach Pringsheim copirt.)

Oogonium (*a*) mit vollendeter Bildung der Befruchtungskugeln (*c*), nach Entstehung der Löcher und nachdem die Antheridiumschläuche in das Innere des Oogoniums hineingetrieben und sich theilweise oder völlig entleert haben. *b* die Antheridien.

Fig. 21—24. Ulothrix zonata (p. 219.)

Fig. 21. Partie eines Zellenfadens. Mehrere Zellen sind bereits entleert, *a* u. *b* sind im Entlassen ihrer Schwärmsporen begriffen. *d* eine Schwärmspore, welche in ihrer Mutterzelle geblieben ist und dort gekeimt hat. *x* und *y* Schwärmsporen im Moment ihres Austritts.

Fig. 22. Ausgetretene Schwärmsporen, *x* der Zellkern der Mutterzelle, welcher mit ihnen herausgetreten ist. Die Pfeile bezeichnen die Drehungsrichtung der Sporen.

Fig. 23. Schwärmsporen durch Jodlösung unbeweglich geworden, es sind drei Wimpern und bei *b* und *c* auch die bereits entstandene Zellstoffhülle sichtbar.

Fig. 24. Keimende Schwärmsporen.

Fig. 25—32. Chlamidococcus pluvialis (p. 223.)

Fig. 25. Die fertige einzellige Pflanze.

Fig. 26. Die Theilung der Mutterzelle in vegetativer Weise, ohne Bildung von Schwärmsporen.

Fig. 27—28. Die Bildung der Schwärmsporen und das Freiwerden derselben.

Fig. 29. Die Membran der entleerten Mutterzelle.

Fig. 30—31. Drei Schwärmsporen, von denen zwei bereits eine Hülle erhalten haben.

Fig. 32. Eine breite ausgewachsene Schwärmspore.

Fig. 33. Ein seltener Fall, wo statt zwei Wimpern neben einander an beiden Polen eine Wimper vorhanden.

Tafel VII.

Fig. 1—7. Haplomitrium Hookers (p. 241.)

Fig. 1. Die reife Antheridie.

Fig. 2 und 3. Das Aufbrechen derselben; bei 3 tritt die Fovilla stofsweise hervor.

Fig. 4 und 5. Die Schwärmfäden in ihren Mutterzellen.

Fig. 6. Die freien Schwärmfäden; der Pfeil bezeichnet die Drehungsrichtung derselben.

Fig. 7. Eine wurstförmige Zelle aus der Wand der Antheridie.

Fig. 8—23. Pellia epiphylla (p. 243.)

Fig. 8. Querschnitt durch den Laub einer männlichen Pflanze. Aus der Höhlung *a* ist die Antheridie entfernt, bei *b* liegt dieselbe kurz gestielt noch in der Höhlung, *c* Wurzelhaare des Laubes.

Fig. 9. Inhalt einer jugendlichen Antheridie, welchen Jodlösung blau färbt, während die Kerne gelb werden.

Fig. 10. *a, b, c, d,* Entwickelungszustände der Zellen, in welchen sich später ein Schwärmfaden bildet.

Fig. 11. Der maschenförmig die Schwärmfadenzellen umgebende körnige Inhalt der Antheridie, nachdem die Schwärmfäden diesem Netz entschlüpft sind.

Fig. 12—13. Entwickelungszustände der Schwärmfadenzellen. Aus dem Zellkern der Fig. 12 scheint sich der Schwärmfaden zu bilden, (Fig. 13 *b, c, d.*) Fig. 13 *a* die Membran der Schwärmfadenzelle, die sich durch Jodlösung blau färbt.

Fig. 14 und 15. Schwärmfäden noch in ihrer Zelle liegend.

Fig. 16—19. Freie Schwärmfäden, bei langsamer Bewegung gezeichnet.

Fig. 20 und 21. Schwärmfäden durch wässrige Jodlösung getödtet; die Scheibe (die ihnen anhängende Mutterzelle) färbt sich blau.

Fig. 22. Die Scheibe vom Faden getrennt und von oben gesehen.

Fig. 23. *a* und *b* Schwärmfäden nach Thuret copirt.

Fig. 24—27. Polytrychum commune (p. 255.)

Fig. 24. Längsschnitt durch ein männliches Köpfchen; *a* die Antheridien, *b* die Perichätialblätter, *p* die Paraphysen, *pv* der Vegetationskegel der fortwachsenden Endknospe, *x* Blätter, von dieser Endknospe gebildet.

Fig. 25. Die Spitze einer reifen Antheridie, *a* die Zellen, welche beim Oeffnen derselben von einander weichen, *b* die Zellen der Seitenwandung.

Fig. 26. Freie Schwärmfäden; die fünf oberen in Bewegung, die beiden unteren durch Eintrocknen getödtet.

Fig. 27. *ab* Getödtete Schwärmfäden nach Thuret copirt.

Fig. 28—33. Chara fragilis (p. 234.)

Fig. 28. Theil eines Zweiges mit dem weiblichen (*A*) und dem männlichen Organ (*B*): *a* der aus 5 Zellen bestehende Kranz, *b* die spiralförmig gewundenen Berindungszellen, *c* die grofse Centralzelle des weiblichen Organs. — *f* die Flaschenzelle, *e* die Griffe (Manubria) der Schilder (scuta *d*), *g* die Köpfchen, welche die Antheridienfäden (Fig. 30 *i*) tragen.

Fig. 29. Zwei Schilder (scuta *d*) einer geplatzten Antheridie, mit ihren Griffen (manubria *e*).

Fig. 30. Primaire (*g*) und secundaire (*h*) Köpfchen mit ihren Antheridienfäden (*i*).

Fig. 31. Theile eines Antheridienfadens, *a* im jugendlichen Zustand, *b* im Zustand der Reife; ein Schwärmfaden entschlüpft seiner Zelle.

Fig. 32. Freie Schwärmfäden, *a* in Bewegung, *b* und *c* nach dem Eintrocknen der Flüssigkeit.

Fig. 33. Ein Schwärmfaden nach Thuret copirt.

Fig. 34—39. Pteris serrulata und Aspidium violaceum (p. 261.)

Fig. 34 und 35. Entwickelungszustände der Antheridie an der Unterseite des Vorkeims.

Fig. 36. Der Austritt der Schwärmfäden aus der Antheridie.

Fig. 37. Schwärmfäden, *a* bei schneller Bewegung, *b* bei langsamer Bewegung, *c* durch Jodlösung getödtet, von oben gesehen.

Fig. 38. Das Keimorgan (Archegoinum) vor der Befruchtung, mit noch geschlossenem Halse (*y*), *x* die Centralhöhle, in welcher nach Hofmeister das Keimbläschen liegt.

Fig. 39. Partie eines Längsschnitts durch das Polster des Vorkeims. Im Keimorgan ist nach der Befruchtung die junge Pflanze entstanden und tritt mit dem ersten Wedel (*b*) aus dem Vorkeim hervor, eine flache Erhebung rechts vom ersten Wedel bezeichnet den Vegetationskegel; *e* der Anfang der ersten Wurzel; *y* der vertrocknete, braungewordene Halstheil des Keimorgans.

Fig. 40 und 41. Selaginella denticulata (p. 274).
(Nach Hofmeister copirt.)

Fig. 40. »Längsschnitt eines unbefruchteten Porthalliums (B), 11 Monate nach der Aussaat. Mehrere Archegonien (y) sind durch den Schnitt blos gelegt. Bei einem derselben ist die in der Centralzelle entstandene sphärische Zelle mit gezeichnet.« A die grofse Zelle der Spore, e das Zellengewebe, welches unter dem Vorkeim entstanden ist.

Fig. 41. »Befruchtetes Prothallium (B) im Längsschnitt, der das Archegonium, in welchem die Anlage des Embryo (x) entstand, und den Verlauf des Embryoträgers bloslegte.« Die übrigen Bezeichnungen wie auf der vorigen Figur.

Fig. 42—44. Pilularia globulifera (p. 276).
(Nach Hofmeister copirt.)

Fig. 42. »Zur Befruchtung bereites Prothallium (B), Ansicht von aufsen.« y der schon geöffnete Hals des Keimorgans, x das Keimbläschen, f die innere Sporenhaut, A die grofse Zelle der Megaspore.

Fig. 43. »Entwickelungsstufe des vom Prothallium umschlossenen, in Bildung des ersten Wedels (b) und der ersten Wurzel (c) begriffenen, Embryo.« a der Vegetationskegel der Keimpflanze.

Fig. 44. Schwärmfäden.

Tafel VIII.

Die Entwickelung der Cupuliferenblüthe (p. 439).

Häufig wiederkehrende Bezeichnungen:

Cb. R. Cambiumring (Verdickungsring).
cp. Cupula.
fl. Filament (Staubfadenträger).
fk. Fruchtknotenwand.
ms. Mittelsäule.
nb. Narbenblatt.
p. Perigonblatt.
st. Samenträger (*Spermophorum*).

Fig. 1—10. Quercus sessiliflora (weibliche Blüthe) (p. 439).

Fig. 1. Längsschnitt durch einen ganz jungen Blüthenzweig. A Das Ende desselben, a und b die Deckblätter, deren drei an der Zahl (a das Mittelblatt, b ein Nebenblatt desselben), y die Achselknospe, aus welcher die weibliche Blüthe hervorgeht. B eine Blüthenknospe, welche bereits ihre *Cupula* (*cp.*) desgleichen ihre Perigonblätter (*p.*) und ihre drei Narben (*nb.*) angelegt hat (29. Mai 1853).

Fig. 2. Längsschnitt durch eine Blüthenknospe, etwas jünger als B der vorigen Figur; die Anlage der *Cupula* (*cp.*) hat unter sich noch keine Blätter gebildet.

Fig. 3. Längsschnitt durch eine andere Blüthenknospe. Die *Cupula* hat schon ein junges Blatt (x) entwickelt (1. Juni 1853).

Fig. 4. Querschnitt durch eine derartige Blüthenknospe, die Perigonblätter (*p*) wechseln mit den Narbenblättern (*nb.*) (1. Juni 1853).

Fig. 5. Eine junge Blüthenknospe, frei präparirt. *b* und *b* Die beiden Nebenblätter, das Mittelblatt ist entfernt (siehe die Erklärung zu Fig. 1). Die *Cupula* (*cp.*) hat von ihrem Rande aus bereits zwei Reihen Blätter gebildet, welche als kleine warzenförmige Erhebungen auftreten (1. Juni 1853).

Fig. 6. Längsschnitt durch eine noch weiter entwickelte Blüthenknospe. Der Fruchtknoten (*fk.*), welcher bis dahin nicht unterständig war, wird jetzt durch Verlängerung seines Grundtheils unterständig, seine Perigonblätter und Narben werden emporgehoben. Das Mittelsäulchen ist bereits vorhanden, die Samenträger (*st.*) sind scheinbar an ihm befestigt. Die *Cupula* hat jetzt unter sich schon zahlreiche Blätterkreise gebildet. x^{I} gehört dem ältesten Kreise, x^{IV} gehört dagegen dem zuletzt entstandenen Blattkreise. Die Blätterbildung dauert noch lange fort, die Zahl der Blätter vermehrt sich, ihre Gröfse nimmt dagegen ab (vergl. Fig. 13). *sw.* Der Staubwegcanal (8. Juni 1853).

Fig. 7. Ein junger Fruchtzweig. *a* Das Deckblatt oder vielmehr das Mittelblatt der drei Blätter; die kleinen Nebenblätter sind nämlich ohne Lupe nicht deutlich erkennbar (8. Juni 1853).

Fig. 8. Ein Fruchtzweig mit zwei halbreifen Eicheln. *nb.* + *p* die vertrockneten Narben mit den gleichfalls vertrockneten Perigonblättern (16. August 1853).

Fig. 9. Eine junge Fruchtanlage, dem Zweige Fig. 7 entnommen.

Fig. 10. Querschnitt durch den oberen Theil des Fruchtknotens dieser jungen Frucht. *fk.* Die Wand des Fruchtknotens, *st.* die wandständigen Samenträger, *sk.* die Samenknospen. Der Fruchtknoten ist einfächerig, auf einem tiefer geführten Querschnitt erscheint derselbe dreifächerig. Wenn dagegen zwei Narben vorhanden sind und sich, ihnen entsprechend, nur zwei wandständige Samenträger gebildet haben, ist auch der Fruchtknoten im unteren Theile zweifächerig.

Fig. 11—16. Quercus pedunculata (weibliche Blüthe) (p. 439).

Fig. 11. Ein junger Fruchtzweig (7. Juni 1853).

Fig. 12. Längsschnitt durch eine Blüthe desselben. Die *Cupula* hat bereits mehrere Blattkreise gebildet. Die Bezeichnung ist wie auf den vorhergehenden Figuren.

Fig. 13. Querschnitt durch eine Blüthe um dieselbe Zeit. *st.* Einer der drei wandständigen Samenträger. Die Blätter der *Cupula* zeigen nur in den ersten, äufsersten, Kreisen eine regelmäfsig abwechselnde Stellung, die Zahl der Blätter vermehrt sich mit den Kreisen; daher besitzt die ausgebildete *Cupula* der Eiche keine wirkliche Spiralstellung ihrer Schuppenblätter (7. Juni 1853).

Fig. 14. Querschnitt durch einen Fruchtknoten, der nur zwei Narben besafs und dem gemäfs nur zwei wandständige Samenträger entwickelt hatte.

Fig. 15. Eine Samenknospe vom 27. Juni 1853. *ie.* Das *Integumentum externum* (äufsere Knospenhülle), *ii.* das *Integumentum internum* (innere Knospenhülle), *nc.* der *Nucleus* (Knospenkern). Der Embryosack ist um diese Zeit noch nicht vorhanden (Längsschnitt).

Fig. 16. Eine halbreife Eichel im Längsschnitt. *em.* Der Embryo oder

der Keim, welcher bereits um diese Zeit die Fruchtknotenhöhle vollständig ausfüllt. Die übrigen Samenknospen sind vertrocknet (8. August 1853).

Fig. 17—26. Quercus sessiflora (männliche Blüthe) (p. 440).

Fig. 17. Eine gemischte Blüthenknospe, welche aufser den männlichen Blüthenständen (*c*) noch Laubblätter (*b*) besitzt. *a* Die Nebenblätter der letztgenannten. Die eigentlichen, nicht in Mittelblatt und Nebenblätter getrennten, braungefärbten Deckschuppen der Knospe sind mit Hülfe der Nadel entfernt, zugleich sind die inneren Theile dieser gemischten Knospe durch die Nadel etwas aus einander gezerrt. (18. Mai 1853.)

Fig. 18. Ein männlicher Blüthenstand aus dieser gemischten Blüthenknospe. *d* und *d* Kleine Blätter, welche in ihrer Achsel keine Blüthe tragen; die Blüthen selbst haben kein Deckblatt.

Fig. 19. Kleiner Theil eines männlichen Blüthenstandes mit geöffneten Blüthen. *a* Eine Anthere, *b* ein Perigonblatt (29. Mai 1853).

Fig. 20. Das Perigon solcher Blüthe, nachdem die Antheren entfernt sind, von oben gesehen. *b* Ein Blatt desselben.

Fig. 21 und 22. Die Anthere kurz vor dem Aufspringen von zwei Seiten gesehen. *fl.* Das Filament (der Staubfadenträger).

Fig. 23. Querdurchschnitt durch eine etwas jüngere Anthere. *ct.* Das Connectiv oder das Gefäfsbündel des Staubfadenträgers (10. Mai 1853).

Fig. 24 und 25. Der reife Pollen trocken gesehen, in zwei verschiedenen Lagen, Fig. 24 von der Seite, Fig. 25 von oben betrachtet (1. Juni 1853).

Fig. 26. Das reife Pollenkorn unter Salpetersäure, nachdem die Pollenzelle hervorgetreten ist; die hier abgebildete entleerte Aufsenhaut läfst zwei Schichten erkennen.

Fig. 27—43. Fagus silvatica (p. 439).

Fig. 27. Längsschnitt durch einen jungen weiblichen Blüthenstand. Es sind zwei Fruchtknoten durch Theilung des Vegetationskegels im Innern der *Cupula* (*cp.*), welche bereits zahlreiche Blätter gebildet hat (x^{I} bis x^{IV}), entstanden. *W* die Theilungsstelle des Vegetationskegels (6. Mai 1853).

Fig. 28. Ein junger Fruchtknoten, aus seiner *Cupula* isolirt (9. Juni 1853).

Fig. 29, 30 und 31. Drei Querschnitte in verschiedenen Höhen bei *a*, *b* und *c* durch diesen Fruchtknoten (Fig. 28) geführt. Auf Fig. 29 erscheinen die wandständigen Samenträger (*st.*) als leitendes Zellgewebe; auf Fig. 30 treffen dieselben in der Mitte der Fruchtknotenhöhle zusammen, jeder Samenträger hat zwei Samenknospen (*sk.*) gebildet; auf Fig. 31 endlich ist durch die drei wandständigen Samenträger und das Mittelsäulchen (*ms.*) eine dreifächerige Fruchtknotenhöhle entstanden (vergleiche Fig. 34).

Fig. 32. Eine junge Samenknospe, welche um ihren Knospenkern (*nc.*) zwei Knospenhüllen (*ii.* und *ie.*) bildet. Der Knospenträger (*funiculus*) (k^{+}.) erscheint sehr verlängert (30. Mai 1853).

Fig. 33. Eine schon etwas weiter ausgebildete Samenknospe. Der Embryosack (*se.*) ist schon vorhanden. *ra.* Die Raphe oder das Gefäfsbündel, welches

vom Knospenträger bis zum Hagelfleck (*ch.*) (*Chalaza*) oder zu dem Orte, wo die Knospenhüllen entspringen, verläuft (2. Juni 1853).

Fig. 34. Längsschnitt durch den Fruchtknoten; der obere und der untere Theil sind nicht abgebildet. Der Staubwegcanal (*sw.*) ist um diese Zeit mit herabsteigenden Pollenschläuchen angefüllt, welche durch die Samenträger (*st.*) an den Knospenmund der Samenknospen (*sk.*) geleitet werden. *x* Das Ende des Mittelsäulchens (*ms.*) (7. Juni 1853).

Fig. 35. Eine geöffnete männliche Blüthe. *a* Die hervorstehenden Antheren, *b* die glockenförmige Blüthenhülle (Perigon) (20. Mai 1853).

Fig. 36. Eine Anthere aus dieser Blüthe. *fl.* Das Filament derselben.

Fig. 37. Der Querschnitt durch eine jüngere Anthere, noch vor dem Aufbrechen der Blüthenknospe (6. Mai 1853).

Fig. 38 und 39. Zwei reife Pollenkörner, trocken gesehen, in verschiedener Lage, von der Seite und von oben betrachtet. *a* Die zum Austritt des Pollenschlauchs bestimmten Stellen (20. Mai 1853).

Fig. 40. Ein reifes Pollenkorn unter Wasser gesehen.

Fig. 41. Ein jüngeres Pollenkorn unter Wasser gesehen (6. Mai 1853).

Fig. 42. Verzweigte Pollenschläuche, aus dem Staubwegcanal freigelegt; bei *a* ist eine Abschnürung entstanden (7. Juni 1853).

Fig. 43. Partie aus dem Längsschnitt einer kürzlich befruchteten Samenknospe; die Knospenhüllen sind entfernt. *nc.* Der Knospenkern, *se.* der Embryosack. Zwei Pollenschläuche (*tp.* und *z*) sind eingedrungen, aber bereits am Rande des Knospenkerns abgeschnürt (vergleiche Fig. 42 *a*). Der eine (*tp.*) ist an den Embryosack gelangt, und hat die beiden dort vorhandenen Keimkörperchen (Keimbläschen nach Hofmeister) befruchtet, von welchen das Eine zur Keimanlage wird (19. Juni 1853).

Tafel IX.

Fig. 1—33. Die Blüthenentwickelung von *Carpinus, Corylus* und *Alnus* (p. 440).

Häufig wiederkehrende Bezeichnungen:

Cb. R. Cambiumring (Verdickungsring).
fl. Filament (Staubfadenträger).
fk. Fruchtknotenwand.
is. Einfache Knospenhülle (*Integumentum simplex*).
ms. Mittelsäulchen.
nc. Knospenkern (*Nucleus*).
nb. Narbenblätter.
pv. Vegetationspunkt (Vegetationskegel).
p. Perigonblätter.
se. Embryosack (*Sacculus embryonalis*).
st. Samenträger (*Spermophorum*).
sk. Samenknospe (*Gemmula*).
sw. Staubwegcanal.
x. die falsche *Cupula*.

Fig. 1—12. Carpinus Betulus (p. 440).

Fig. 1. Ein Deckblatt (*a*) vom weiblichen Blüthenstand, welches zwei Blüthen umschliefst. x^{I} Die falsche *Cupula* der einen, x^{II} diejenige der anderen Blüthe, *nb.*' die beiden Narben der einen, *nb.*'' die beiden Narben der anderen Blüthe (15. Mai 1853).

Fig. 2. Die eine dieser Blüthen aus dem Deckblatt herausgelöst. *p* Der Kranz der Perigonblätter.

Fig. 3. Eine solche Blüthe aus einer etwas späteren Zeit; die zweite Blüthe wurde bei *y* durch das Messer abgelöst. *a* Das Deckblatt, welches auf Fig. 1 beide Blüthen umhüllt (7. Juni 1853).

Fig. 4. Dieselbe Blüthe, aus der falschen *Cupula* gelöst; das Perigon ist jetzt oberständig geworden (7. Juni 1853).

Fig. 5. Längsschnitt durch eine solche Blüthe. Die Narben (*nb.*) sind längst vertrocknet; das Gewebe *c* des Fruchtknotens, welches farblos ist, wird zur Ausbildung des Samens später verbraucht. Aus den Partien *a* u. *b*, welche grüngefärbt erscheinen, bildet sich dagegen später die verholzte Fruchtschale (7. Juni 1853).

Fig. 6. Ein Querschnitt durch einen solchen Fruchtknoten in der Höhe der Samenknospen. Die Bezeichnung ist wie auf der vorhergehenden Figur. Nur einer der beiden wandständigen Samenträger (*st.*) hat zwei Samenknospen gebildet, der andere (*st.*+) ist unfruchtbar (steril) geblieben.

Fig. 7. Der innere Theil des vorigen Querschnitts stärker vergröfsert. Die Samenknospen entwickeln ihr einfaches Integument (*is.*)

Fig. 8. Eine Samenknospe im Längsschnitt, etwas später, der Embryosack (*se.*) ist bereits vorhanden (19. Juni 1853).

Fig. 9 und 10. Zwei Antheren, kurz vor ihrem Aufspringen von der vorderen und von der hinteren Seite gesehen. Das Filament derselben (*fl.*) ist gespalten, die beiden Staubbeutelseiten sind deshalb von einander getrennt, jede ist an ihrer Spitze durch einen Haarschopf gekrönt (15. Mai 1853).

Fig. 11 und 12. Reife Pollenkörner unter Wasser gesehen. *a* Eine der zum Austritt des Pollenschlauchs bestimmten Stellen in der *Cuticula* (15. Mai 1853).

Fig. 13—25. Corylus Avellana (p. 440).

Fig. 13. Längsschnitt durch die Spitze eines weiblichen Blüthenzweiges. *a* Das Deckblatt, *nb.* die beiden Narben einer Blüthe, *Cb. R.* der Cambiumring des Blüthenzweiges (10. Februar 1853).

Fig. 14. Ein Deckblatt (*a*) mit seinen beiden weiblichen Blüthen. x^{I} Die falsche *Cupula*, *nb.*' die beiden Narben der links gelegenen Blüthe; x^{II} und *nb.*'' dieselben Theile für die rechts gelegene Blüthe (7. Juni 1853).

Fig. 15. Ein Blüthenzweig um dieselbe Zeit. Die falsche *Cupula* *x* sieht aus ihrem Deckblatt (*a*) hervor. *y* Ein Laubblatt, *z* eines seiner beiden Nebenblätter. (Das Deckblatt der Blüthe (*a*) ist einfach, d. h. nicht in Mittelblatt und Nebenblätter getheilt.) (Vergl. Fig. 17.)

Fig. 16. Eine weibliche Blüthe aus der vorigen Figur. Die braungefärbten, bereits abgestorbenen Narben (*nb.*) sehen über die falsche *Cupula* (*x*) hervor.

Fig. 17. Ein Deckblatt (*a*) freigelegt.

Fig. 18. Längsschnitt durch die weibliche Blüthe, deren Narben längst vertrocknet sind. *c* Das farblose saftige Zellgewebe des Fruchtknotens, welches später den Samen ernährt, *a* und *b* das grüngefärbte Zellgewebe, welches später zur Fruchtschale wird, *p* die Perigonblättchen, *sw.* der Staubwegcanal, *sk.* die Samenknospen, *ms.* das Mittelsäulchen, *x* die falsche *Cupula* (6. Juni 1853).

Fig. 19. Querschnitt durch den Fruchtknoten um dieselbe Zeit. *x* und *x* Die beiden Blätter, welche zusammen die falsche *Cupula* bilden und wahrscheinlich als Nebenblätter zu deuten sind; das dritte Blatt, das Mittelblatt, zwischen ihnen kommt nur selten zur Ausbildung, anfänglich ist es jedoch vielfach vorhanden. Eine monströse Ausbildung steriler Zweige bekräftigt diese Art der Deutung (vergl. Fig. 20). Nur einer der beiden wandständigen Samenträger (*st.*) bildet Samenknospen, der andere (*st.*+) bleibt unfruchtbar. Die übrigen Bezeichnungen sind wie auf Fig. 18.

Fig. 20. Ein Zweig, dessen Nebenblätter (*z*) sich der falschen *Cupula* entsprechend ausgebildet haben, während das Mittelblatt (Laubblatt) (*y*) zwischen ihnen nicht zur normalen Ausbildung gelangt ist. Dieser Fall ist nicht selten. (10. Juni 1853).

Fig. 21. Eine Samenknospe im Längsschnitt; der Embryosack (*se.*) ist bereits vorhanden (19. Juni 1853).

Fig. 22. Eine Samenknospe etwas später (13. Juli 1853) ebenfalls im Längsschnitt; der Embryosack hat den Knospenkern bereits verzehrt, die Anlage zum Embryo (*em.*) ist schon vorhanden.

Fig. 23. Ein Längsschnitt durch eine junge Frucht um dieselbe Zeit. Die falsche *Cupula* (*x*) überragt jetzt die Frucht mit ihren Narben.

Fig. 24. Eine Anthere, deren Fächer bereits aufgesprungen sind, der Staubfadenträger (*fl.*) ist gespalten, jeder Staubbeutel ist mit einem Haarschopf gekrönt.

Fig. 25. Ein reifes Pollenkorn unter Wasser gesehen. *a* Eine der drei Austrittsstellen für den Pollenschlauch.

Fig. 26—33. Alnus glutinosa (p. 441).

Fig. 26. Eine Deckschuppe (*a*) des weiblichen Blüthenstandes mit ihren beiden Blüthen, deren jede aus zwei Narben besteht (*nb.*ᴵ gehört der einen, *nb.*ᴵᴵ dagegen der anderen Blüthe), beide Narben sind am Grunde vereinigt. Wenn man die beiden Blüthen entfernt, so zeigt das Deckblatt da, wo jede Blüthe gesessen, noch zwei kleine Blätter, welche hinter einander stehen. Das äufserste dieser Blätter möchte ich als Nebenblatt der Deckschuppe, das innere dagegen als das erste Blatt der Blüthe selbst, demnach gewissermafsen als eine Anlage zur falschen *Cupula*, betrachten. (Man vergleiche hierüber meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie Taf. II, Fig. 39 und 40.)

Fig. 27. Eine junge weibliche Blüthe als Längsschnitt, aus einem Längsschnitt durch die Mitte des Blüthenstandes geführt. *a* Das Deckblatt, *c* das erste Blatt der Blüthe, welches nicht weiter zur Ausbildung kommt und von dem in der vorigen Figur die Rede war, *nb.* die eine Narbe, *sw.* der Staubwegcanal, *f* der Anfang der Fruchtknotenhöhle (21. Mai 1853).

Fig. 28. Längsschnitt durch die weibliche Blüthe in einem späteren Stadio (4. Juni 1853). In der Fruchtknotenhöhle sind die Samenträger (*st.*) und das Mittelsäulchen bereits entstanden; die nunmehr vertrockneten Narben (*nb.*) sind noch mit Pollenkörnern (*pl.*) übersäet.

Fig. 29. Ein Querschnitt durch den Fruchtknoten um dieselbe Zeit. Von den beiden wandständigen Samenträgern bleibt der eine (*st.*+) unfruchtbar.

Fig. 30. Längsschnitt durch den Fruchtknoten vom 27. Juni 1853. Die Narben (*nb.*) sind längst vertrocknet. Die Samenknospen sind mit einem einfachen Integument (*is.*) versehen, der Embryosack (*se.*) ist bereits vorhanden.

Fig. 31. Eine Anthere kurz vor dem Aufspringen. Der Staubfadenträger (*fl.*) ist an seinem Ende kurz gespalten (16. Februar 1853).

Fig. 32. Querschnitt durch eine etwas jüngere Anthere an der Theilungsstelle (*ct.*) des Filaments.

Fig. 33. Ein reifes Pollenkorn, unter Schwefelsäure gesehen. *a* Eine der Austrittsstellen für den Pollenschlauch.

Fig. 34—37. **Pyrola chlorantha** (p. 318).

Fig. 34. Längsschnitt durch die Mitte des Fruchtknotens zur Blüthezeit, nach der Linie *x* (Fig. 35) geführt; weshalb der Schnitt an der rechten Seite eine Scheidewand trifft, an der linken Seite dagegen zwischen zwei wandständigen Samenträgern verläuft. Das Mittelsäulchen (*ms.*) reicht hier kaum bis zur halben Höhe der Fruchtknotenhöhle herauf; die wandständigen Samenträger, mit zahlreichen Samenknospen (*gm.*) bedeckt, breiten sich nach oben und unten aus; die Wand des Fruchtknotens legt sich, wie bei den sogenannten Nüssen der Borragineen, dicht über die Samenträger, der centrale Staubweg (*sw.*) erhebt sich deshalb wie dort aus der Mitte der fünf Erhöhungen, welche zwischen den fünf wandständigen Samenträgern liegen. Der Staubwegcanal ist zur Blüthezeit mit Pollenschläuchen (*tp.*), welche sich in starken Bündeln herauspräpariren lassen, erfüllt; selbige verlaufen bis zum Mittelsäulchen hinab, gehen dann aber zwischen je zwei Samenträgern zu den Samenknospen. — *Cb. R.* Der Cambiumring der Blüthenachse, *nb.* die Narbe.

Fig. 35—37. Querschnitte durch den Fruchtknoten zur Blüthezeit, in der Höhe von *a*, *b* und *c* der Fig. 34 geführt. Auf Fig. 35 in der Höhe von *a* genommen, erblickt man in der Mitte den Staubweg (*sw.*), dessen Canal, für das Herabsteigen der Pollenschläuche bestimmt, einem fünfstrahligen Sterne gleicht, ihn umgiebt die Wand der Fruchtknotenhöhle. Jeder Arm des Staubwegcanals theilt gewissermafsen jedes durch die Wand der Fruchtknotenhöhle (*x*), welche sich hier einwärts biegt (vergl. Fig. 34), scheinbar entstandene Fruchtknotenfach in zwei gleiche Hälften, und jedes dieser Fächer enthält die rechte Seite des einen und die linke Seite des anderen Samenträgers (*st.*) mit seinen Samenknospen. Fig. 36, aus der Höhe *b* genommen, zeigt den Fruchtknoten als einfächerig mit fünf wandständigen Samenträgern, deren dünner, leistenförmiger, wie bei *Oenothera* (Holzschnitt Fig. 216, p. 314) weit ins Innere vorspringender Träger (*z*) in der vorhergehenden und auf der folgenden Figur als eine Scheidewand (*x*) erscheint. Der Weg der Pollenschläuche zwischen den Samenträgern ist mit *tp.*

bezeichnet, *gm.* Samenknospen. — Auf Fig. 37, der Höhe *c* entnommen, sehen wir die Fruchtknotenhöhle abermals fünffächerig und zwar durch die Träger (*x*) der fünf wandständigen Samenträger, die mit dem Mittelsäulchen in eigenthümlicher Weise vereinigt sind. Jedes Fach enthält hier wiederum, wie auf der Fig. 35, die rechte Hälfte des einen und die linke Hälfte des anderen Samenträgers; die letzteren sind hier ringsherum mit Samenknospen besetzt.

Fig. 38 und 39. Cleome arborea (p. 286).

Fig. 38. Längsschnitt durch eine junge Blüthenknospe. *sep.* Kelchblatt, *pet.* Blumenblatt, *anth.* Staubblatt, *germ.* Fruchtknoten.

Fig. 39. Querschnitt aus einer etwas früheren Periode. Die Bezeichnung wie bei der vorigen Figur.

Fig. 40. Gomphrena decumbens (p. 382).

Längsschnitt durch die Mitte einer Blume zur Blüthezeit, die Blüthenhülle ist nicht mitgezeichnet. Die Anthere (*anth.*) von einem kurzen Filament getragen, auf dem Rande der langen Staubblattröhre (*x*) *nb.* die beiden Narben, *gm.* die einzige grundständige Samenknospe.

Fig. 41—47. Juglans regia (p. 440).

Fig. 41. Eine weibliche Blüthe, *d* der Discus. p^{I} und p^{II} die beiden miteinander abwechselnden zweigliedrigen Perigonblattkreise, *nb.* die beiden Narben (2. Juni 1853).

Fig. 42. Ein Längsdurchschnitt der Blüthe, mit der einzigen wandständigen Samenknospe und den beiden sterilen Samenträgern ($st.^{+}$).

Fig. 43. Querschnitt durch den Fruchtknoten, *sk* die Samenknospe, *a* das späterhin grüne saftige Fruchtgewebe, *b* der innere später holzige Theil der Frucht, st^{+} die sterilen Samenträger, welche später die Nath der holzigen Schale bilden.

Fig. 44. Eine männliche Blüthe von der Seite gesehen, *a* die Bracteen derselben, *d* die Perigonblätter.

Fig. 45. Eine Blüthe von vorn gesehen.

Fig. 46. Ein Staubfaden.

Fig. 47. Eine Anthere im Querschnitt.

Tafel X.

Fig. 1. Larix europaea (p. 368).

Ein Pollenkorn im frischen Zustand zur Zeit der Bestäubung. *a* Die äufsere Pollenhaut, welche später als zweiklappige Hülle abgestreift wird. *b* Eine zweite Membran, die zur Mutterzelle für zwei Tochterzellen geworden ist, deren eine den aus 4 Zellen bestehenden Körper *x* gebildet hat, dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird.

Fig. 2 und 3. Cupressus sempervirens (p. 368).

Fig. 2. Ein Pollenkorn zur Zeit der Bestäubung. *x* Die Tochterzelle, welche zum Pollenschlauch wird.

Fig. 3. Ein Pollenkorn, das seinen Schlauch entwickelt. *a* Die äufsere Pollenhaut. *b* Die zweite Pollenhaut oder die Mutterzelle der beiden Tochterzellen.

Fig. 4. Epedra major (p. 368).

Ein Pollenkorn zur Zeit der Bestäubung. *a* Die äufsere, zweiklappig sich öffnende, Hüllhaut, *x* die Tochterzelle, welche zum Pollenschlauch wird.

Fig. 5 und 6. Limodorum abortivum (p. 367).

Fig. 5. Ein Pollenkorn, dessen Schlauch sich getheilt hat. *b* Die äufsere Pollenhaut, welche in der Regel nicht abgestreift wird.

Fig. 6. Ein Pollenkorn ohne seine äufsere Hüllhaut. Der Pollenschlauch als einfache Verlängerung der inneren Membran, d. h. der eigentlichen Pollenzelle.

Fig. 7—9. Nyctago longiflora (p. 359).

Fig. 7. Ein äufserst gelungener Durchschnitt durch die Mitte des Pollenkorns.

Fig. 8. Partie aus diesem Durchschnitt stärker vergröfsert. *x* Die Porencanäle in der Aufsenhaut zum Austritt des Pollenschlauchs. *y* Die Hohlräume in der äufseren Schicht der Aufsenhaut mit ihren Ausführungscanälen. *z* Kurze stachelförmige Erhebungen der Aufsenhaut.

Fig. 9. Kleiner Theil eines Flächenschnitts von oben gesehen. *x* und *z* wie auf der vorigen Figur, die kleinen runden Punkte entsprechen den Ausführungscanälen der Hohlräume.

Fig. 10 und 11. Convolvulus Batatas (p. 361).

Fig. 10. Zarter Querschnitt durch die Mitte des Pollenkorns.

Fig. 11. Theil desselben, stärker vergröfsert. *x* Die Porencanäle, *z* die flaschenförmigen Stacheln der Aufsenhaut.

Fig. 12 und 13. Passiflora Lowei Heer (p. 362).

Fig. 12. Ein Pollenkorn in Citronenöl. *x* Die bandförmigen verdünnten Stellen der Aufsenhaut.

Fig. 13. Partie aus einem zarten Durchschnitt dieses Pollenkorns. *a* Die Aufsenhaut, welche der Schwefelsäure widersteht, *b* die Innenhaut, welche von derselben aufgelöst wird.

Fig. 14 und 15. Yucca gloriosa (p. 364).

Fig. 14. Ein Pollenkorn trocken gesehen.

Fig. 15. Querschnitt eines Pollenkorns. *x* Die verdickte, aber schwach verdichtete Stelle der Innenhaut, deren Zusammenziehung die Falte bewirkt. *a* Die Aufsenhaut.

Fig. 16. Cucurbita Pepo (p. 362).

Zarter Durchschnitt durch das Pollenkorn. *a* Das Deckelchen. *b* Die verdickte Stelle der Innenhaut unter dem Deckelchen.

Fig. 17. Clarkia pulchella (p. 363).

Zarter Querschnitt durch das Pollenkorn. Der Inhalt sammt der sehr

zarten Innenhaut sind nicht dargestellt. Die Aufsenhaut besteht aus zwei Schichten, welche eine Spalte zwischen sich lassen.

Fig. 18—20. Scorzonera hispanica (p. 363).

Fig. 18. Sehr gelungener Querdurchschnitt. *x* Die Austrittsstelle des Pollenschlauchs. *a* Die kammförmigen Leisten der Aufsenhaut.

Fig. 19. Ein Pollenkorn in der Mitte durchschnitten, von oben gesehen.

Fig. 20. Die Innenhaut des Pollenkorns freigelegt. *b* Die verdickte Stelle derselben unter einer der drei Oeffnungen.

Fig. 21—23. Thunbergia coccinea (p. 364).

Fig. 21. Ein Pollenkorn unter Citronenöl.

Fig. 22 und 23. Die Aufsenhaut des Pollenkorns durch concentrirte Schwefelsäure isolirt.

Fig. 24—26. Thuja occidentalis (p. 397).

Fig. 24. Der obere Thril des Sameneiweifses im Längsschnitt kurz vor der Befruchtung. *sp.* Zwei Pollenschläuche. *x* Die Schlufszellen (Deckelrosette nach Hofmeister) auf den Corpusculis.

Fig. 25. Etwas späterer Zustand. Die Schlufszellen sind verschwunden. Im Corpusculum *b* und *c* befindet sich der Anfang des künftigen Keims auf halbem Wege zu seiner Bestimmung, bei *a* hat er bereits sein Ziel erreicht, und sich schon mehrmals getheilt; die unteren Zellen der Keimanlage bilden den Embryo, aus den oberen Zellen entstehen die Embryonalschläuche.

Fig. 26. Ein späteres Stadium, mit drei Embryonen (*em.*). *b* Die Embryonalschläuche.

Fig. 27 und 28. Araucaria brasiliensis (p. 397).

Fig. 27. Längsschnitt durch die bestäubte Samenknospe. Drei Pollenschläuche (*tp.*) hängen als lange dicke Fäden aus dem Knospenmund. Die Corpuscula (*c*) liegen unter der Spitze des Sameneiweifses (*edsp.*) in einen Kreis gestellt. *is* Das einfache Integument. *nc* Der Knospenkern.

Fig. 28. Der junge Embryo mit den Embryonalschläuchen aus einem kürzlich befruchteten Corpusculum. Der Theil *y* füllt das Corpusculum beinahe aus, die Hervorragung *a* bezeichnet die untere Grenze des Corpusculum. *b* Die eigentlichen Embryonalschläuche. *em* Der Anfang des Embryo.

Fig. 29. Pinus Pinaster (p. 399).

Die Spitze aus einem glücklich geführten Längsschnitt durch ein unbefruchtetes Corpusculum, nachdem das Endosperm vollständig entfernt wurde. Die beiden Schlufszellen (*x*) erscheinen hier als Tochterzellen des Corpusculum.

Fig. 30 und 31. Abies pectinata (p. 398).

Fig. 30. Partie aus dem Längsschnitt durch ein jugendliches Corpusculum. *x* Die Mutterzelle der nachherigen Schlufszellen.

Fig. 31. Ein ähnlicher Schnitt als späterer Zustand. Durch Theilung der Mutterzelle der vorigen Figur sind zwei Tochterzellen entstanden, welche ihrer-

seits jede zwei Zellkerne enthalten und wahrscheinlich wieder eine Theilung eingehen, um so die vier Schlufszellen (Deckelrosette nach Hofmeister) zu bilden.

Fig. 32—35. Pinus silvestris (p. 401).

Fig. 32. Partie aus dem Längsschnitt durch das Sameneiweifs, über einem Corpusculum das so eben befruchtet wurde. *tp* Der Pollenschlauch, *x* die in der Spitze des Corpusculum unmittelbar unter den Schlufszellen, welche hier aus Versehen gleichfalls mit *x* bezeichnet sind, hängende, noch membranlose Protoplasma-Masse, welche später am Grunde des Corpusculum liegt (Fig. 34) und aus der die vier Zellenlagen entstehen (Fig. 35), deren unterste (*c*) den Embryo bildet.

Fig. 33—35. Weitere Entwickelungsstadien. Fig. 33. Der vorigen Figur entsprechend. Die Schicht *a* der Fig. 35 bildet die untere im Corpusculum verbleibende Rosette, *b* verlängert sich zu den Embryonalschläuchen und *c* bildet den Embryo (vergl. Fig. 250. p. 401).

Tafel XI.

Häufig wiederkehrende Bezeichnungen:

ch. Chalaza.
esp. Endosperm.
em. Embryo.
ie. Aeufseres Integument.
is. Inneres Integument.
nc. Knospenkern.
ra. Raphe.
se. Embryosack.
tp. Pollenschlauch.
x. der Fadenapparat.
y. die Protoplasmakugel.
z. die Gegenfüfsler.

Fig. 1—3. Zea Mais (p. 385—396).

Fig. 1. Längsdurchschnitt einer Samenknospe zur Zeit der Befruchtung. Das äufsere Integument (*ie*) umhüllt nur einen kleinen Theil der Samenknospe.

Fig. 2. Der Embryosack einer noch unbefruchteten Samenknospe, im ersten Moment der Betrachtung; die beiden Keimbläschen y^{I} und y^{II} vergehen sehr schnell im Wasser des Objectträgers.

Fig. 3. Ein anderer unbefruchteter Embryosack freigelegt; die Protoplasma-Kugel (*y* der vorigen Figur) ist verschwunden, der Fadenapparat (x^{I} und x^{II}) dagegen ist sehr deutlich.

Fig. 4—7. Watsonia rosea (p. 386).

Fig. 4. Längsschnitt durch eine noch unbefruchtete Samenknospe. Der Fadenapparat (x^{I} und x^{II}) der beiden Keimkörperchen ragt weit aus dem Knospenmund hervor.

Fig. 5. Partie eines Längsschnitts einer anderen noch nicht befruchteten Samenknospe; im ersten Moment der Betrachtung, ehe die Protoplasma-Kugel (y^{I} und y^{II}) der Keimkörperchen im Wasser zergeht.

Fig. 6. Die beiden kürzlich befruchteten Keimkörperchen isolirt.

Fig. 7. Ein etwas späterer Zustand, gleichfalls isolirt. Die Protoplasma-Kugel y^{II} entwickelt bereits den Anfang des jungen Embryo (*em*).

Fig. 8—10. Cheiranthus Cheiri (p. 393).

Fig. 8. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosacks isolirt. $q^{\prime}$ und $q^{\prime\prime}$ Die Ansatzstellen der beiden Keimkörperchen, $y^{\prime\prime}$ ein Keimkörperchen, welches sich etwas länger als das andere erhielt.

Fig. 9. Die Spitze eines soeben befruchteten Embryosackes freigelegt. Der Pollenschlauch berührt scheinbar nur die Ansatzstelle $q^{\prime}$ des Keimkörperchens, welches bereits verschwunden ist, dagegen zieht sich eine körnige Masse $^{+}$ über das zweite, schon mit einer Membran versehene Keimkörperchen $y^{\prime\prime}$ hinweg, welche ich für den Ueberrest des Fadenapparates halte, durch welchen auch $y^{\prime\prime}$ mit dem Pollenschlauch in Berührung gewesen.

Fig. 10. Die Spitze eines vor längerer Zeit befruchteten Embryosacks. $q^{\prime}$ und $q^{\prime\prime}$ Die Ansatzstelle des Keimkörperchens, y der lange Embryoträger.

Fig. 11 und 12. Canna Spec (p. 390).

Fig. 11. Die Spitze einer kürzlich befruchteten Samenknospe im Längsschnitt, der Pollenschlauch ist in den Embryosack gedrungen. $y^{\prime}$ Ueberrest des nicht zur Ausbildung kommenden Keimkörperchens. $y^{\prime\prime}$ Das zum Embryo auswachsende Körperchen, a die erste Zelle des Embryo.

Fig. 12. Ein Pollenschlauch mit dem fest an ihm hängenden, durch ihn befruchteten Keimkörperchen, vollständig isolirt — soweit der Pollenschlauch in den Embryosack eingedrungen (b), erscheint seine Membran aufgequollen.

Fig. 13—16. Citrus nobilis (p. 394).

Fig. 13. Partie aus einem Längsschnitt durch die kürzlich befruchtete Samenknospe, nach Entfernung der Integumente. In der Spitze des Embryosacks hängen vier schon befruchtete, mit einer Membran versehene Keimkörperchen (e) und an der inneren Wand des Knospenkerns (nc) liegen zwei kleine länglich runde Körperchen (sp), welche ich für Befruchtungskörper halte.

Fig. 14. Die Spitze eines Embryosacks aus einer noch etwas früheren Periode isolirt, ein befruchtetes Keimkörperchen (e) ragt über die Membran des Embryosacks hervor.

Fig. 15. Längsschnitt aus der Spitze des Embryosacks zu einer etwas späteren Periode. Mehrere Embryoanlagen (e und em) von verschiedenem Alter hängen an der Seitenwand des Embryosacks.

Fig. 16. Längsschnitt durch eine Samenknospe, die sich schon mit Endosperm gefüllt hat. Ein Embryo (em^{+}) liegt nahe dem Chalazaende.

Fig. 17. Tropaeolum majus (p. 393).

Der junge Embryo mit seinem eigenthümlich entwickelten Träger isolirt. s Die Ansatzstelle an der Membran des Embryosacks. a Der Strang des Embryoträgers, welcher aus dem Knospenmund hervortritt. b Der andere Strang, welcher unterhalb des Knospenmunds das Integument durchbricht. c Der eigentliche Embryoträger. em Der Anfang des Embryo.

Sachregister.

C.

D.

E.

F.

T.

U.

V.

W.

Register der Abbildungen.

Druckfehler.

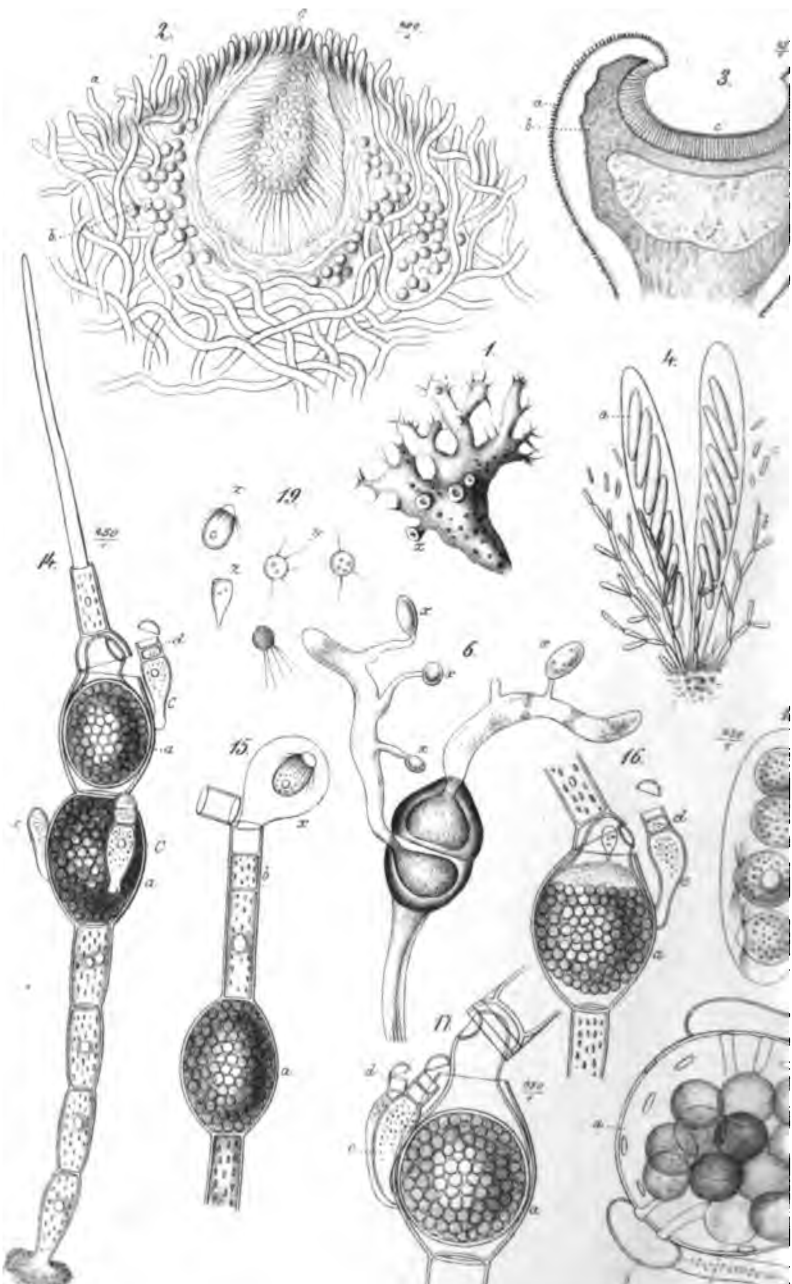
Band I.

Vorrede	I.	Zeile	4	von	oben	lies	unerreicht statt unerreichbar.
»	I.	»	6	»	»	»	derselben statt desselben.
»	I.	»	12	»	»	»	Namens statt Mannes.
pag.	13	»	4	»	unten	»	er statt es.
»	36	»	3	»	oben	»	unorganische statt organische.
»	55	»	12	»	»	»	dennoch statt demnach.
»	115	»	11	»	»	»	des statt der.
»	184	»	12	»	»	»	Chladostephus statt Chladostephalus.
»	241	»	4	»	unten	»	Aeschinomene statt Echinomene.
»	289	»	13	»	»	»	Wundfläche statt Wandfläche.
»	306	»	4	»	»	»	Arceuthobium statt Aceutobium.
»	323	»	10	»	»	»	Triticum statt Agropyrum.
»	323	»	5	»	»	»	Coleophyllum statt Coleopyle.
»	349	»	15	»	»	»	Charlwoodia statt Charlwordia.

Band II.

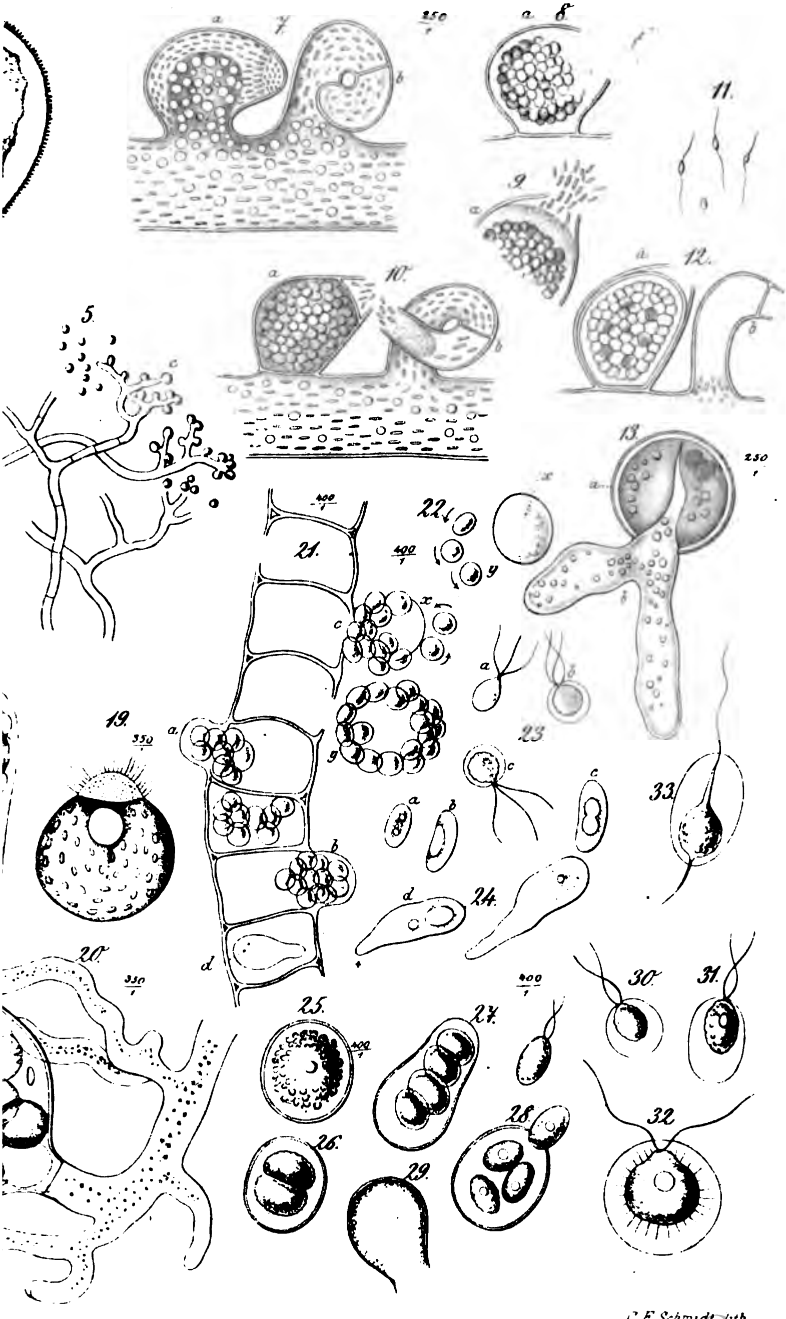
pag.	6	Zeile	5	von	unten	lies	Triticum statt Agropyrum.
»	7	»	8	»	»	»	Coleophyllum statt Coleopyle.
»	32	»	14	»	oben	»	Acrobrya statt Acramphybrya.
»	210	»	1	»	»	»	oberen statt anderen.
»	278	»	7	»	»	»	Geschlechtsapparat statt Geschlechtsorgan.
»	284	»	13	»	»	»	Fig. 227. II. *c* p. 328 statt Taf. VIII. Fig. 1, 5 u. 10.
»	286	»	15	»	»	»	Taf. IX. Fig. 38 u. 39 statt Taf. VIII. Fig. 5 u. 6.
»	301	»	1	»	»	»	Staubbeutelträger statt Staubfadenträger.

BERLIN
Druck von Gustav Schade
Marienstr. 10.

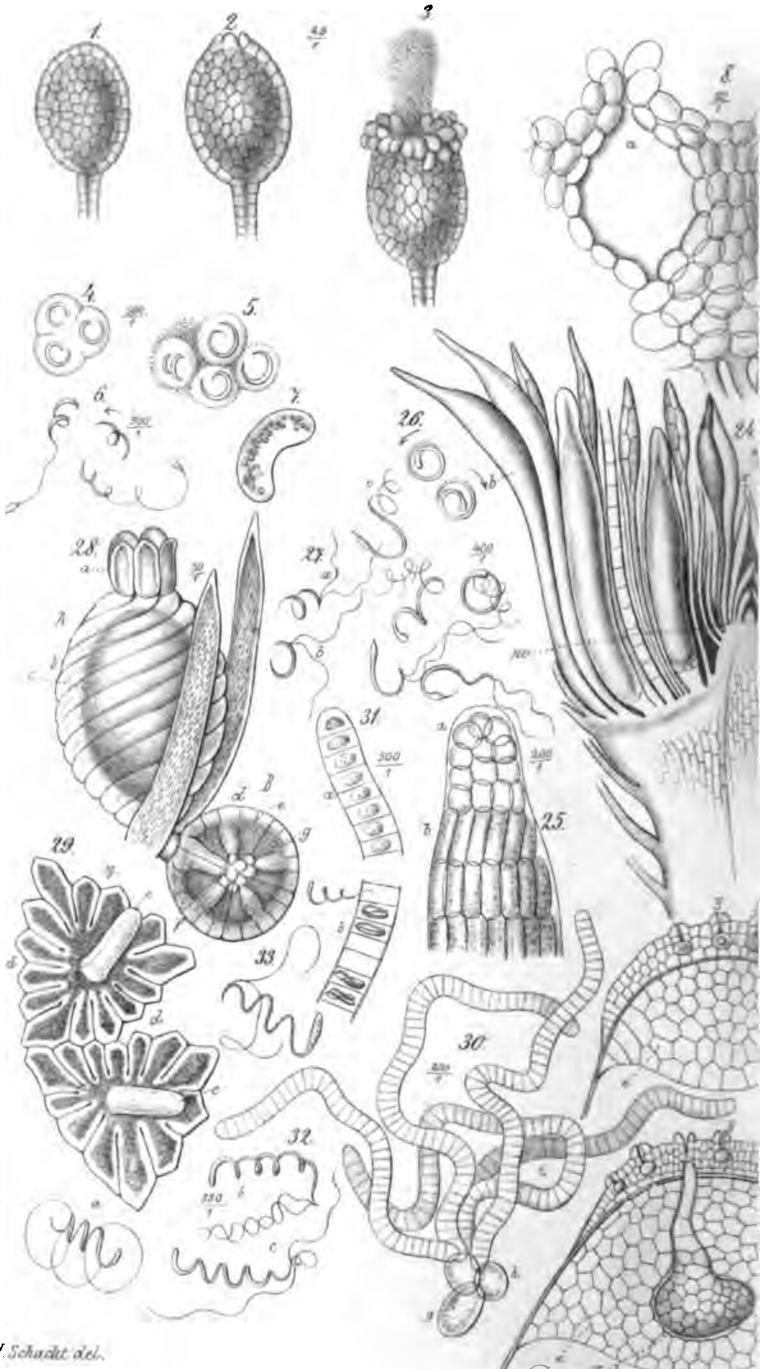


H Schultz del.

Taf. VI.

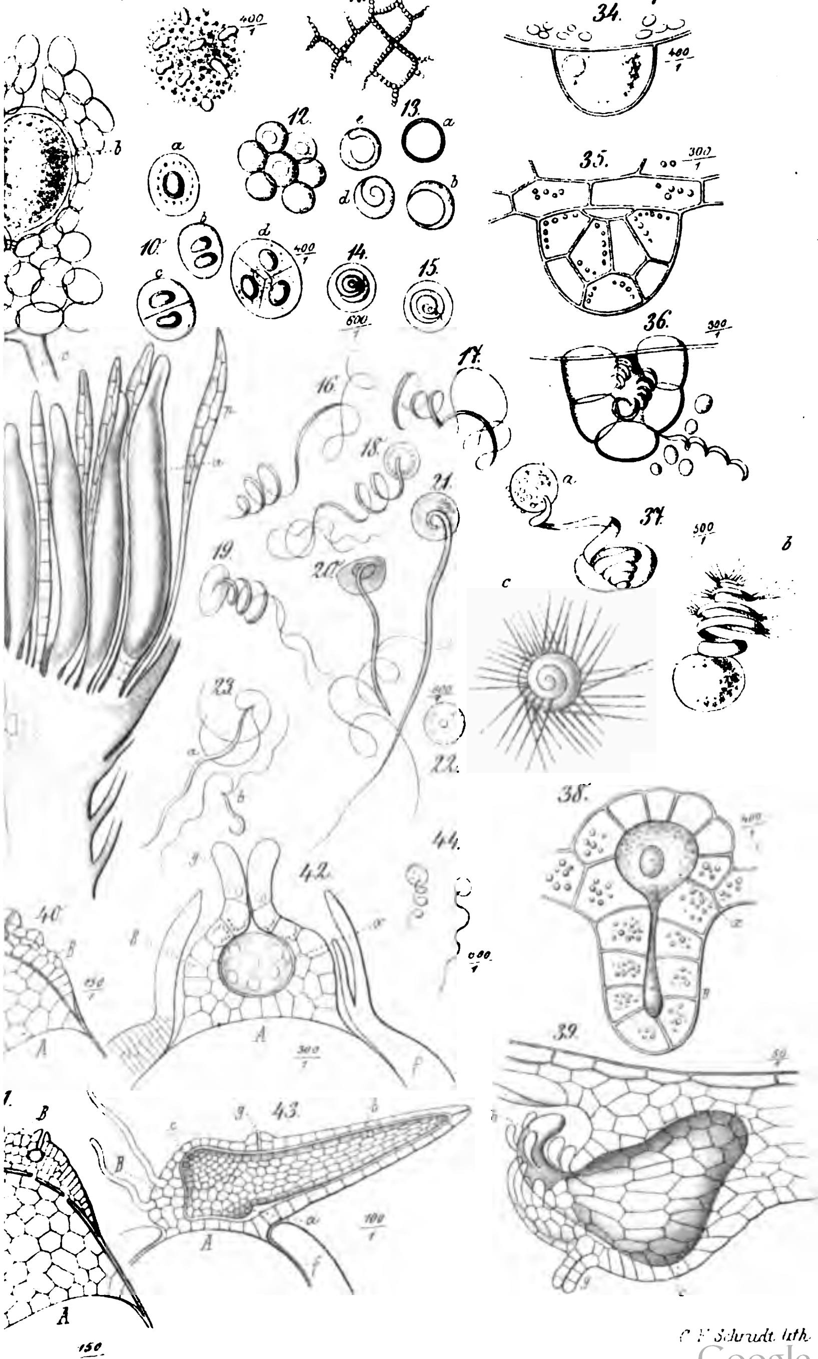


C F Schmidt. lith.

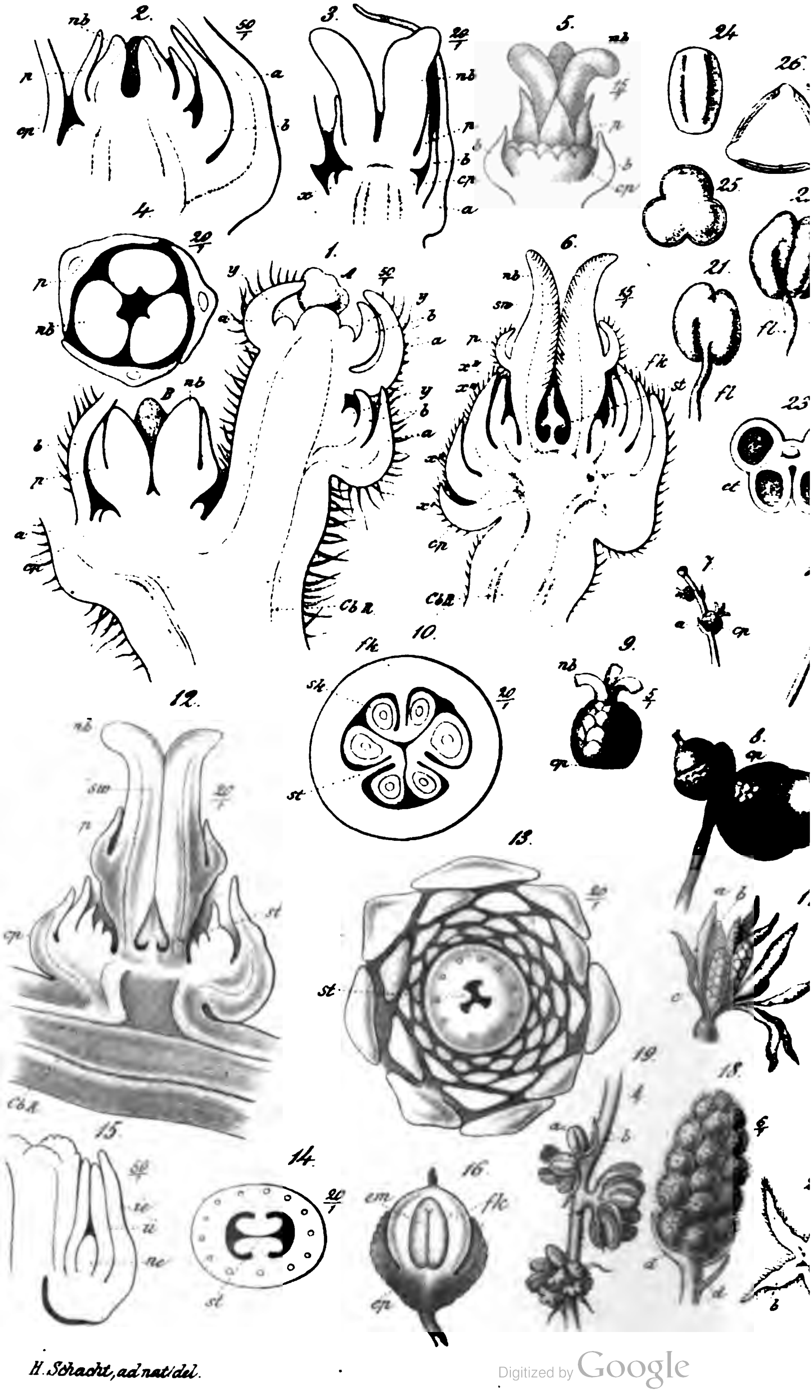


H. Schacht del.

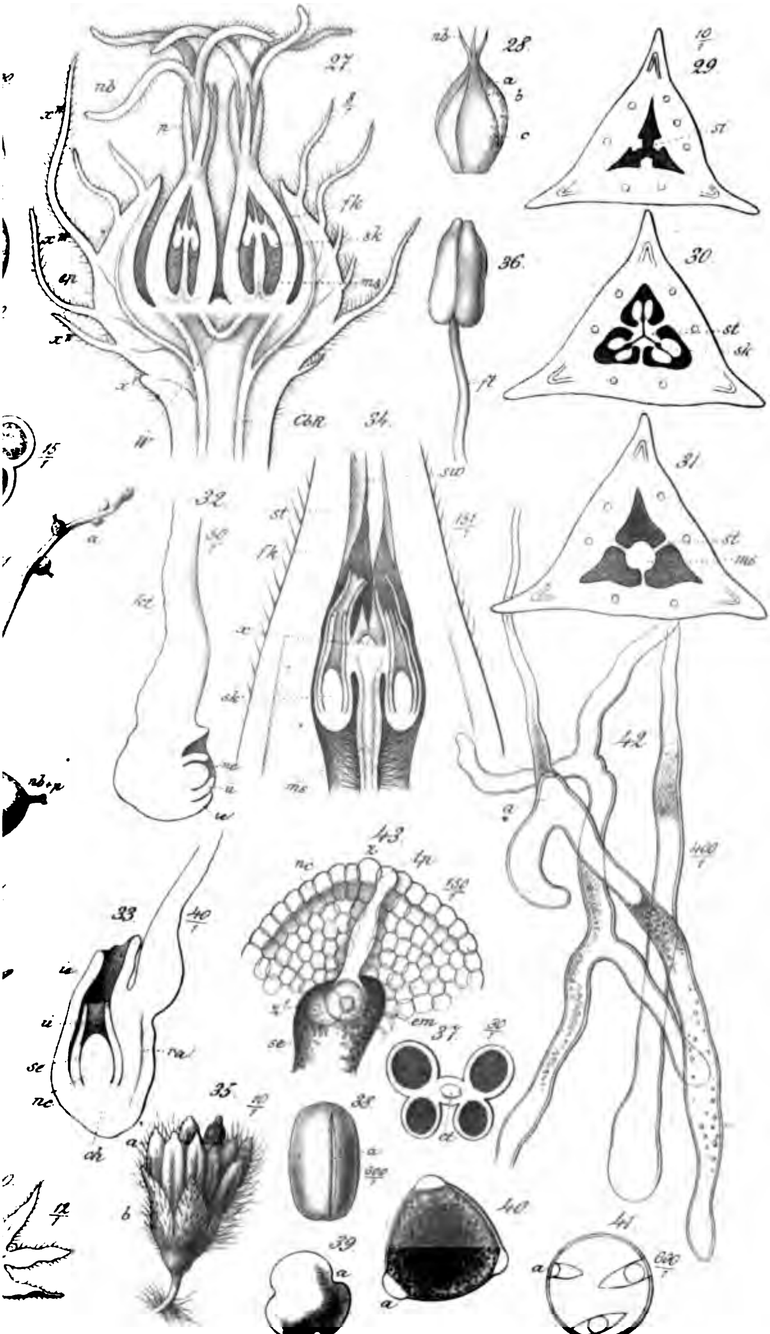
Taf. VII.



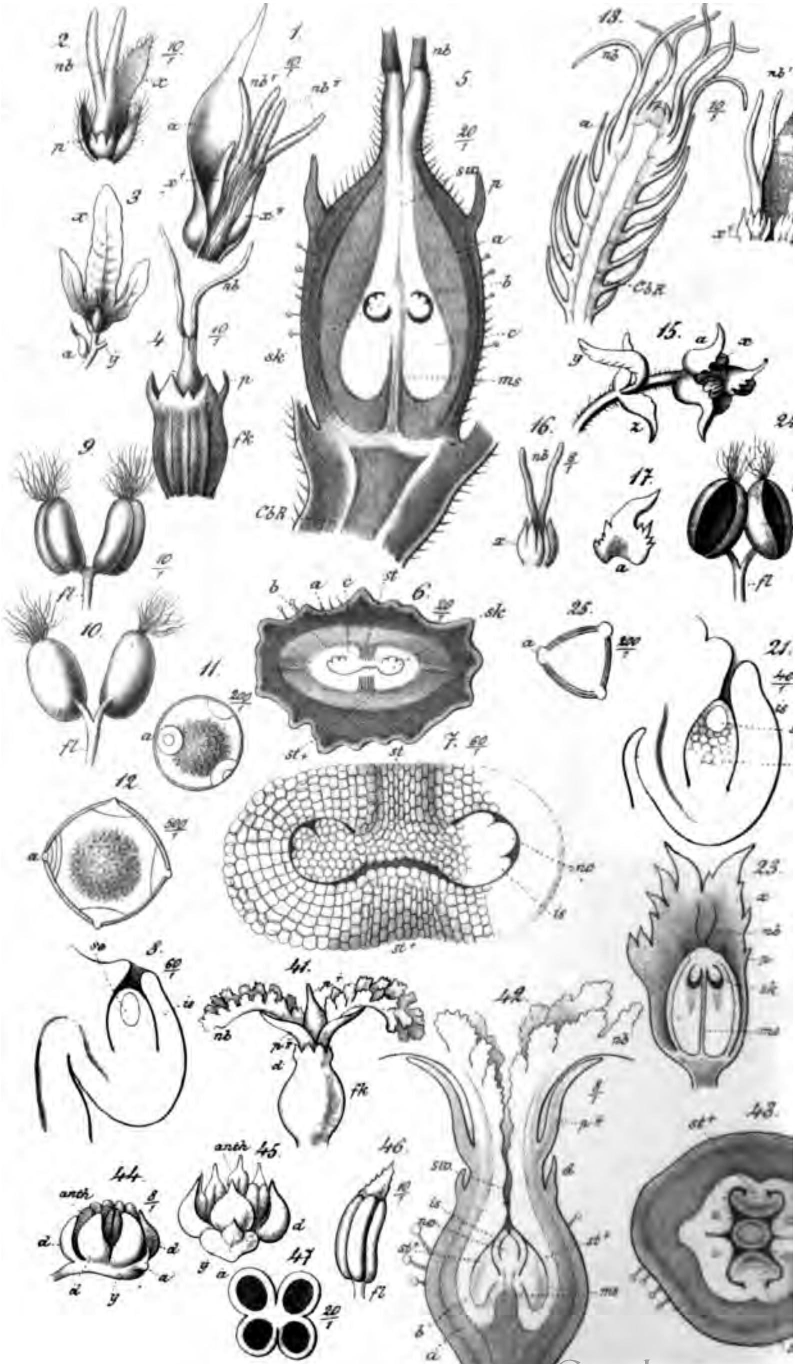
C. F. Schmidt lith.



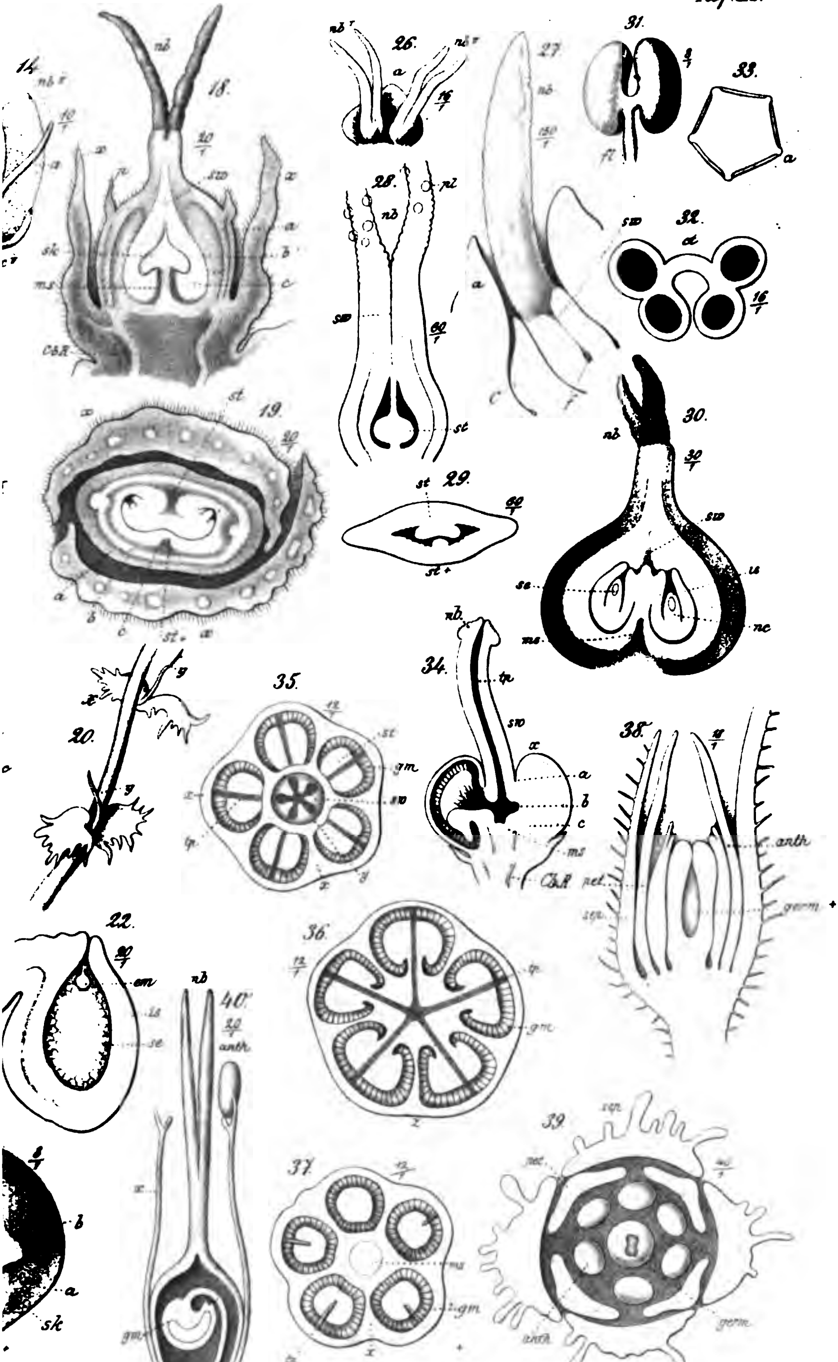
H. Schacht, ad nat. del.



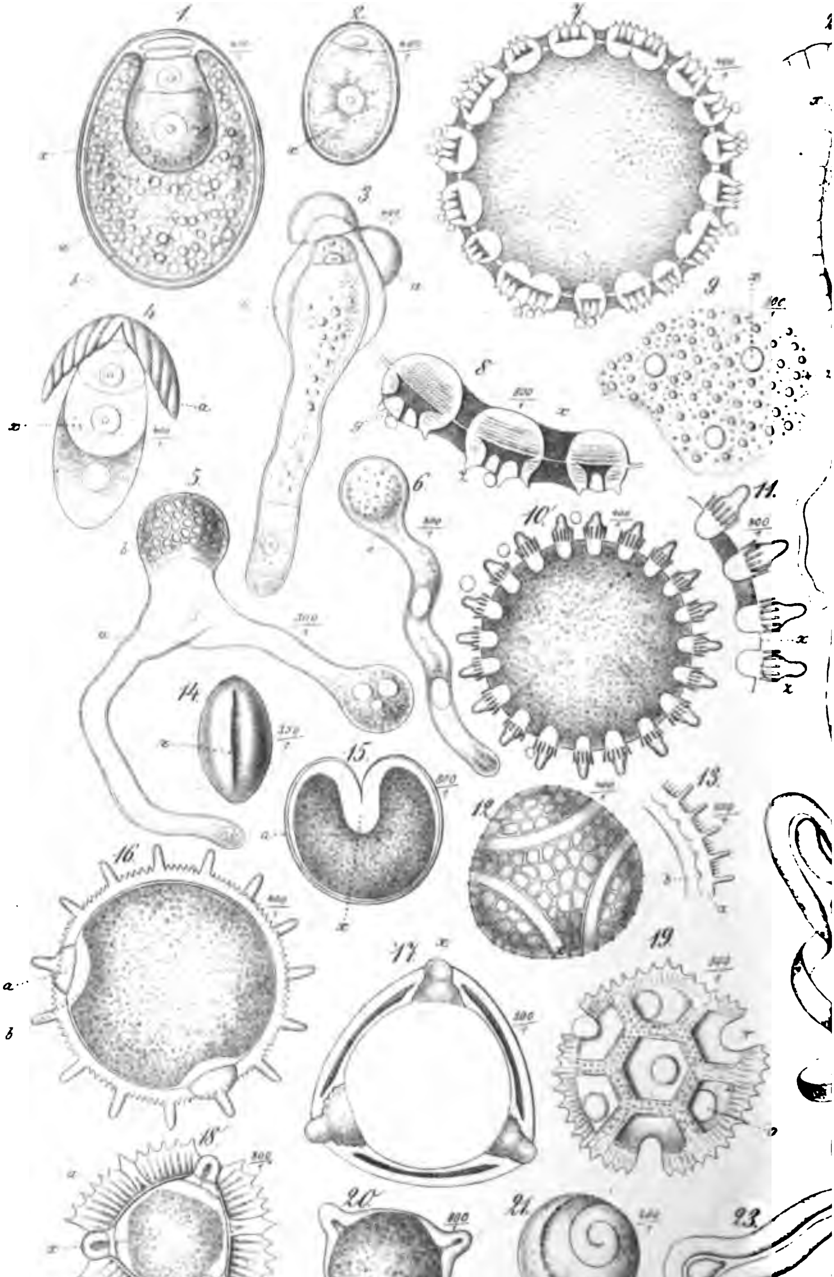
C. F. Schmidt. lith.



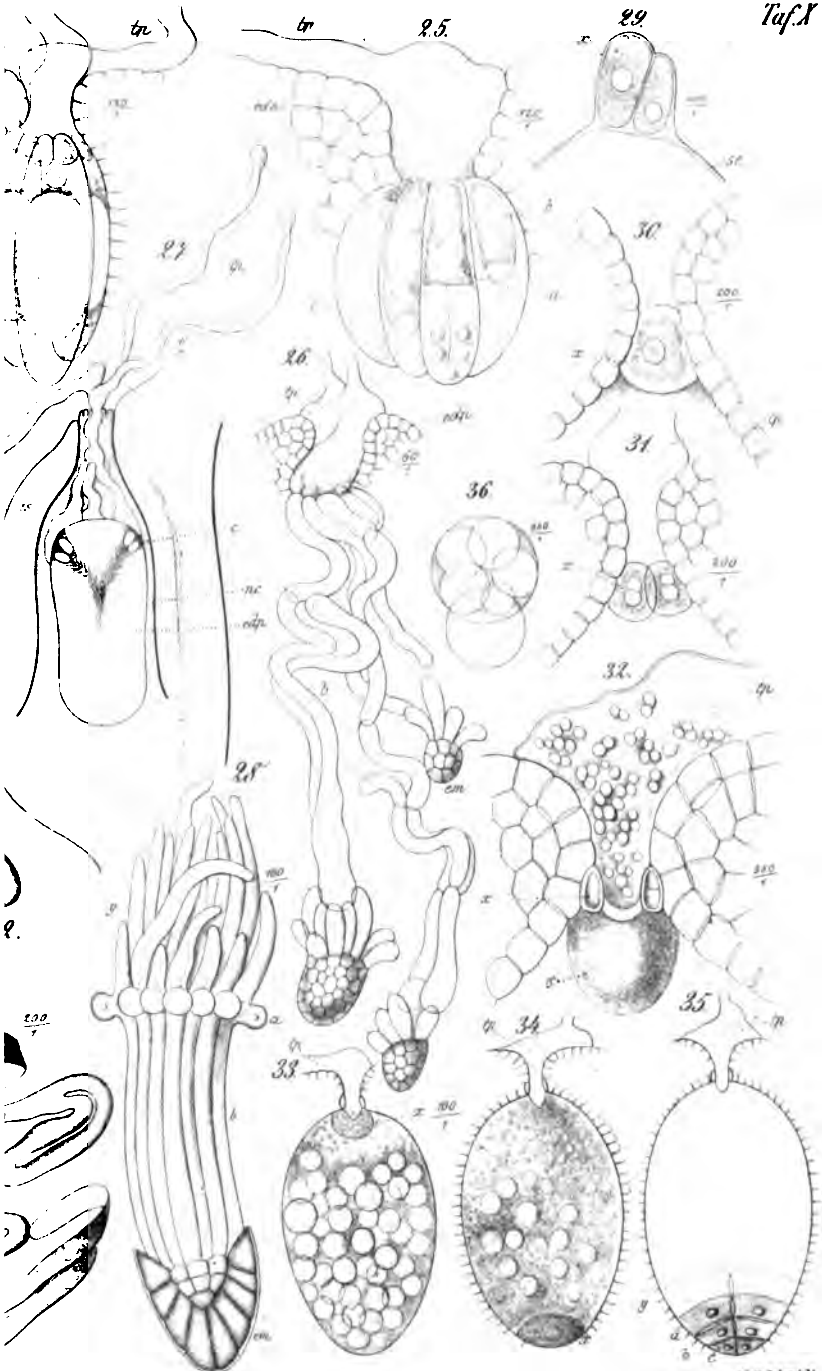
H Schacht, ad nat. del.

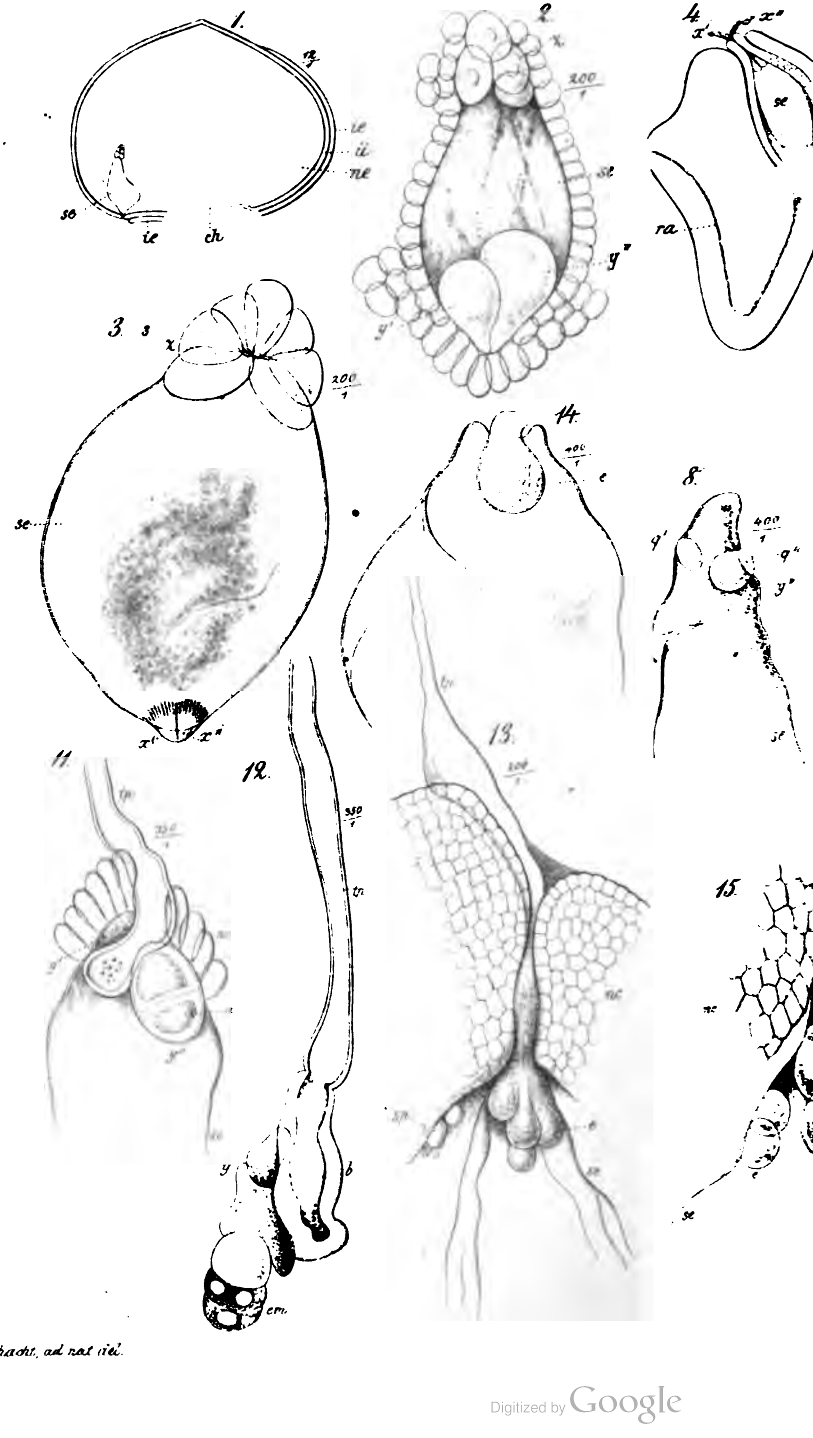


C F Schmidt lith

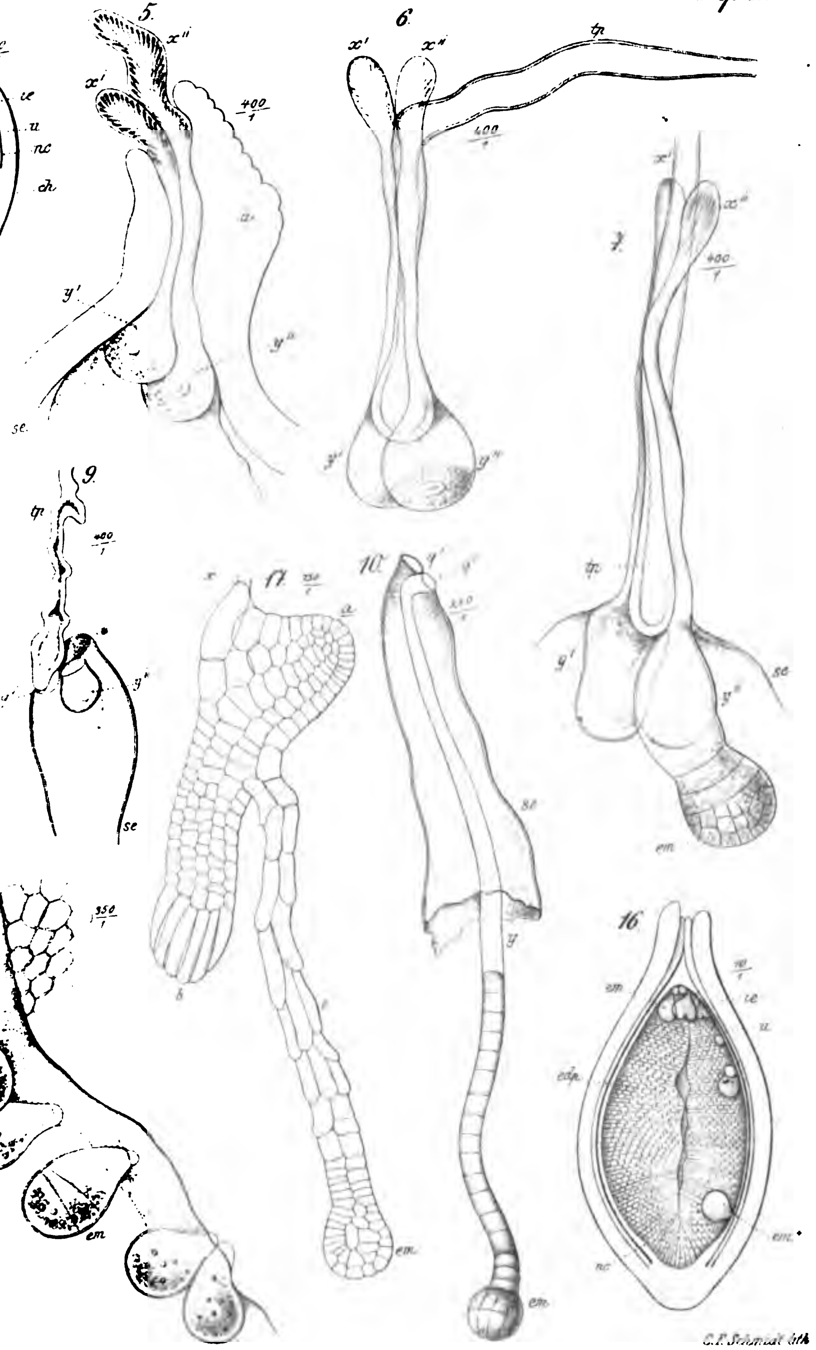


H. Schacht, ad nat. del.





H. Schacht, ad nat. del.



C. F. Schmidt lith.